

**Die Bedeutung
der „Sinnesgreifhände“
für die
stammesgeschichtliche Entwicklung
des Menschen**

von

Otto, Rigolf und Hilke Hennig

(Mit 29 Abbildungen im Text)

Veröff. Zool. Staatssamml. München

Band 17

S. 281—369

München, 1. Okt. 1974

Meiner lieben Frau Charlotte

und

unserer lieben Mutter

zugeeignet.

„Wissen und Handeln:

Eine Einheit?

Eine Zweieheit?

Edel, wer sie als Einheit besitzt,

klug, wer sie sondert,

aber groß, wer das Gesonderte zu einer

Ehe der Begriffe zusammenschmilzt“.

Tilmar HENNIG † 1963

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Die Sinnesgreifhand in medizinischer Betrachtung	285
Das Wunder der Fingerbeere	287
Der gewebliche Aufbau der Fingerbeere und ihre Leistungsfähigkeit	287
Die Entwicklungsgeschichte der Hand und des Armes	291
Die Vierfüßler	292
Die waagrecht ausgerichtete Bauweise der Vierfüßler	293
Die Dryopithecinen	294
Die Menschenaffen als Hangler (Brachiatores)	295
Das Hanglertum oder die Brachiation	297
Das räumliche Sehen	301
Die Anpassung der Menschenaffen an das Baumleben	301
Die Aufspaltung der Menschenaffen	302
Schimpanse und Mensch	303
Der Hakenhandgang der Summoprimaten	304
Die Vormenschen	306
Die Menschwerdung (Hominisation)	308
Die Zweifüßigkeit (Bipedie)	310
Die anatomischen Voraussetzungen für den aufrechten Gang	311
Die Vorteile der aufrechten Körperhaltung	319
<i>Ramapithecus</i> und <i>Australopithecus</i>	322
Die ersten Waffen und Geräte des Vormenschen	325
Die Ernährung des Vormenschen	327
Die Hordenbildung beim Vormenschen	327
Der <i>Homo erectus</i> . Die ersten Anzeichen des Verstandes	338
Der Beginn des Acheuléen	338
Das fortgeschrittene Acheuléen	343
Nachteile der aufrechten Körperhaltung	350
Störung in der Zusammenarbeit zwischen Großhirn und Stammhirn	351
Die Sinnesgreifhand in Beziehung zu Stammbaum, Hanglertum, Hakenhandgang, Zweifüßigkeit und Großhirnentfaltung	353
Der Stammbaum der Summoprimaten	354
Die Handfertigkeit	355
Atavismen und stammesgeschichtliche Vererbungen	356
Erbkoordination	359
Verhaltensformen	360
Zusammenfassung und Summary	365
Schrifttum	367

Die Verfasser danken Herrn Landeskonservator Dr. Theodor H a l t e n o r t h, Zoologische Staatssammlung München, für mancherlei Anregungen, Schrifttumshinweise und für die Durchsicht des Manuskriptes.

Die Sinnesgreifhand in medizinischer Betrachtung

In fast allen Abhandlungen über die Hand wird sie stets als ein Wunderwerk dargestellt, deren Leistungen erst die Voraussetzung für unser menschliches Dasein bedeutet. So schreibt der Chirurg Ernst von Bergmann über das „Wunder der Hand“: „Form und Bau der Hand machen sie dem Geist gefügig, der durch sie die Macht zur Ausführung seiner Gedanken erhält. Mit ihr formt und bildet, gibt, reicht, nimmt und herrscht er. Allzeit ist sie fertig und bereit, ihm zu dienen und seinen Willen zu vollstrecken. Wie innig Geist und Hand verbunden sind, zeigt unser Sprachgebrauch, dem das Verstehen ein ‚Begreifen‘ ist“ ... Und der Orthopäde Max Lange äußert sich über die Hand: ... „Sie ist das Symbol der Menschheit in ihrer ganzen Entwicklung. Die Leistungen des Menschengeschlechtes hängen weitgehend mit der Vollkommenheit der Menschenhand zusammen. Die Entwicklung der Kultur und Zivilisation wäre ohne hochwertige manuelle Leistungen unmöglich gewesen“.

In der Tat hat die Vielfalt der Bewegungsmöglichkeiten der Hand selbst im jetzigen Zeitalter einer höchst vollkommenen Technik sich nicht überall durch maschinelle Hilfsmittel ersetzen lassen. Darüber hinaus kommt aber der Hand in der Stammesgeschichte des Menschen aus einer ganz anderen Blickrichtung eine überragende Bedeutung zu. In dem Streit der Meinungen, ob der aufrechte Gang oder die Greifhand in dem Absprung der Hominiden von den Hominoiden eine ausschlaggebende Rolle spielte, dürfte heute wohl allgemein der Entwicklung der Greifhand der Vorrang zugesprochen werden.

Auf einer Tagung in Bad Homburg 1966, zu der die Werner-Reiners-Stiftung für anthropogenetische Forschung Anthropologen, Zoologen, Verhaltensforscher, Geologen, Paläontologen, Anatomen und Physiologen eingeladen hatte, wurden die neuesten Erkenntnisse zum Thema „Handgebrauch zur Verständigung bei Affen- und Frühmenschen“ besprochen. Auch hier wurde hinsichtlich der Menschwerdung das Manipulationsvermögen der Summoprimaten in den Vordergrund gestellt und die Fähigkeit der Vor-Affenmenschen, bereits primitive Waffen führen zu können, erörtert. So überzeugend auch die Beweise vorgetragen wurden, die „Greifhand“ für die Entwicklung des Menschen verantwortlich zu machen, so hat man sich bisher doch nur mit der halben Wahrheit begnügt und den „Sinnesleistungen“ der Hand zu wenig Bedeutung geschenkt.

Unsere Hand besitzt eine Doppelaufgabe. Sie ist eine Greifhand und in gleichem Maße auch eine Tasthand. Eine Hand mit Fingerfertigkeit und Fingerspitzengefühl. In dieser Prägung ist sie sogar ein sechstes Sinnesorgan, wobei die räumliche Nahorientierung das Primäre unseres Handgebrauches, das Manipulationsvermögen das Sekundäre darstellt. Erst der gewebliche Ausbau der Fingerbeeren für eine toktile Gnosis bedeutet die Voraussetzung

für eine funktionelle Leistungsfähigkeit der Hand, die sich durch Zusammenspiel beider Tätigkeiten als „Sinnesgreifhand“ darstellt.

An dieser Erkenntnis ist man bisher in der Frage der Menschwerdung vorbeigegangen, und doch ermöglichte erst die Ausbildung einer Sinnesgreifhand letztlich die neuartige Hangelfortbewegung der Menschenaffen in den tropischen Urwäldern nach ihrer Entwicklung aus den wandlungsfähigen Dryopithecinen. Durch Anpassung an ihr neues Dasein, das Millionen von Jahren dauerte, vollzog sich hier die Umformung ihres Körpers aus der waagrecht ausgerichteten Bauweise der Tieraffen (Vierbeiner) zu der senkrecht ausgerichteten der Menschenaffen. In diesen entwicklungsgeschichtlichen Vorgängen — und in nichts anderem — ist der grundlegende Umbruch in der Stammesgeschichte der Primaten und der weitere Weg zum Menschen zu suchen.

Es ist kein Zufall, wenn hier aus ärztlicher und im besonderen aus chirurgischer Sicht zur Frage der Menschwerdung, sowie zur Bedeutung der Hand als Einleiter dieser Entwicklung Stellung genommen wird. Neben den zuständigen Fachgebieten der Paläontologie, Anthropologie, vergleichenden Anatomie, Immunologie, Verhaltensforschung u. a. ist nicht zuletzt die Chirurgie berufen, an der Lösung einer der ältesten, die Menschheit bewegenden Frage mitzuwirken. In diesem besonderen Falle erscheint die Wiederherstellungschirurgie dazu ausersehen, in gezielter Weise Antworten aus der Fülle ihrer praktischen Erfahrungen zu geben. Gerade bei Handverlust und Handschädigungen spielt die Wiederherstellung der Tast- und Greifhand die grundsätzliche Rolle.

Bei der Entwicklung der plastischen Operationstechnik in der Handchirurgie hatte man das räumliche Tastvermögen vollkommen außer Acht gelassen und sich nur auf die Wiederherstellung bzw. den Ersatz verlorengangener Finger oder Hände im Sinne des Greifens beschränkt und damit einen Mißerfolg erlebt. Eine Hand ohne räumliches Tastgefühl ist praktisch wertlos. Die chirurgische Herstellung eines Handsatzes gelingt nur dann voll, wenn durch Überkleiden mit nervendurchsetzter Haut der Hand- oder Fingerstumpf wieder gefühlstüchtig gemacht wird.

Leider ist das Wissen von der überragenden Bedeutung der räumlichen Wahrnehmung bisher noch nicht Allgemeingut und daher auch in der anthropologischen Betrachtung zur Menschwerdung in seiner Bedeutung nicht genügend erkannt worden.

In einer Betrachtung der Sinnesgreifhand des Menschen werden wir zunächst nur auf den anatomischen Aufbau und die Leistungen der Sinneshand, die im wesentlichen den Tastorganen in den Fingerbeeren entsprechen, eingehen. Hier sei nur eine kurze, aber unübertreffliche Erläuterung des Wesens der Greifhand angeführt, mit der der Wiener Anatom Hyrtl bereits in der Mitte des 19. Jh. in seinem Lehrbuch der Anatomie seine Betrachtungen über die Hand einleitet: ... „Schulter, Oberarm und Vorderarm wurden nur der Hand wegen geschaffen, deren Beweglichkeit und Verwendbarkeit durch ihre Befestigung an einer langen und mehrfach gegliederten Knochensäule erheblich gewinnen muß. Das aus 27 Knochen beste-

hende und durch 40 Muskeln bewegliche Skelett der Hand, in welchem Festigkeit mit geschmeidiger und vielseitiger Beweglichkeit sich auf die sinnreichste Weise kombiniert, bewährt sich für die roheste Arbeit wie für die subtilsten Arbeiten im gleichen Grade geschickt und entspricht durch seinen wohlberechneten Mechanismus vollkommen jener geistigen Überlegenheit, durch welche der Mensch, das an natürlichen Verteidigungsmitteln ärmste Geschöpf, sich zum Beherrscher der lebenden und leblosen Natur aufwirft“ . . . Der Mechanismus der Greifhand findet später bei der Besprechung der Handentwicklung in der Stammesgeschichte der Menschenaffen mit Anpassung an die Hangelfortbewegung seine Würdigung.

Das Wunder der Fingerbeere

Die Fingerbeeren der menschlichen Hand sind Tastorgane von höchstem Wahrnehmungsvermögen. Hier, an den Fingerendgliedern, hat die Natur in besonderen Tastballen eine derartige Anhäufung von Nervenendigungen und Tastapparaten auf engstem Raum geschaffen, wie sie sonst nur noch an der Zunge und den Lippen vorkommen. Die Reizschwelle fein abgestimmter Betastung liegt daher an den Fingerbeeren sehr niedrig. Erst mit diesem gesteigerten Fingerspitzengefühl kann der Mensch sich stets, auch in der Dunkelheit, eine räumliche Vorstellung seiner nächsten Umgebung verschaffen, zumal es in seinem räumlichen und stofflichen Unterscheidungsvermögen unter ständiger Übung eine so hohe Zuverlässigkeit aufweist, daß es von allen Sinnesorganen den wenigsten Täuschungen unterworfen ist.

Wie wurde die Aufgabe gelöst, einen so hochempfindlichen Gefühlsapparat, der für den Menschen eine seiner wichtigsten Sinnesorgane darstellt, in den äußerlich so unscheinbaren Fingerbeeren unterzubringen, dazu an der gefährdesten Stelle der Hand, ohne daß an den feinen Tastorganen durch Druckbelastung tagaus, tagein, ein ganzes Leben lang, auch nur die geringste Abstumpfung oder Abnutzungsschäden sich zeigen?

Die Natur vollbrachte dies in ebenso einfacher wie genialer Weise, indem sie zwischen dem für ihre besondere Aufgabe abgewandelten Tastkörperbereich dicht unter der Haut der Fingerbeere und dem Periost der Endphalange ein druckfestes Kammersystem einbaute, das gleichzeitig für eine ständige beste Aufnahmebereitschaft für äußere Reize sorgt und einen Dauerschutz für die Tastorgane sichert.

Der gewebliche Aufbau der Fingerbeere und ihre Leistungsfähigkeit

Bei oberflächlicher Betrachtung erscheinen die einzelnen Fingerglieder von der Greiffläche her ziemlich gleichartig gestaltet. Doch bei genauer Untersuchung fühlt sich die Fingerbeere prall elastisch an und ihre Haut ist gegen die Unterlage nicht verschiebbar. Schon das Papillarsystem und seine Zusammensetzung aus wenigen großen Leistenkurven ist auf den verfeinerten

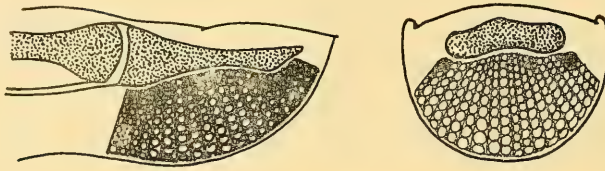


Abb. 1: Druckkammersystem der Fingerbeere des Menschen in Längs- und Querschnitt.

Raumsinn der Fingerbeere eingestellt. Der ganze Bindegewebsaufbau der Fingerbeere reagiert auf Druck, wie Benninghoff auch an anderen Hautpartien nachwies, doch ist er hier so abgewandelt, wie er in gleicher Form im Gesamtorganismus nicht seinesgleichen findet (Abb. 1).

Von dem Unterhautbindegewebe aus verlaufen straffe, mit elastischem Gewebe durchsetzte Sharpeysche Bindegewebsfasern leicht konvergierend senkrecht zu ihrem Widerlager der Diaphyse der Endphalange. Diese Fasern umschließen lange, röhrenförmige Kammern, die dicht aneinander gelagert sind und deren Lichtungen sich knochenwärts etwas verengen. Die Röhren sind mit kleinen Fettträubchen, die hier kein Speicher- sondern Baufett darstellen, so prall ausgefüllt, daß der Inhalt ständig unter Druck steht. Bei einem Schnitt in die Fingerbeere springen diese Fettträubchen wie Spiralen aus einer beschädigten Matratze heraus. Da die Summe der Druckkammern einem Wasserkissen vergleichbar arbeitet, können sie jeden Druck gegen den Tastballen ausgleichen und zusätzlich sogar durch federn des, seitliches Ausschwingen der Tastballen ein elastisches, gewissermaßen saugendes Anschmiegen der Haut an den abzutastenden Gegenstand begünstigen.

Blutgefäße, Lymphbahnen und Nerven zur Versorgung der Fingerbeere verlaufen in Spalten der Seitenkanten der Fingerendglieder. Ein großer arterieller Arcus versorgt den Tastballen einschließlich der Diaphyse der Endphalange als funktionelle Einheit. Dagegen wird der proximale Abschnitt des Endgliedes von einem zweiten kleineren Arcus gespeist, der sein Blut gesondert aus dem anschließenden Fingerglied erhält. Diese anatomische Besonderheit spielt bei dem Verlauf eines Panaritiums eine entscheidende Rolle. Deshalb soll noch am Rande erwähnt werden — was für die Einmaligkeit des anatomischen Aufbaues des Tastballens spricht — daß das „Wunder der Fingerbeere“ dem Finger andererseits zum Verhängnis werden kann und ein Drama heraufbeschwört, wenn sich im Druckkammersystem eine Infektion ausbreitet. Hier erweisen sich die langen, schmalen Druckkammern mit ihren Verankerungen am Periost der Diaphyse der Endphalange geradezu als eine Falle, da die Infektion nicht nach den Seiten ausweichen kann, sondern sich auf vorgebildeten Bahnen sofort in die Tiefe bis zum Knochen erstreckt und in einem vernichtenden Verlauf sehr früh zu einer Knochenzerstörung führen kann.

Die sensiblen Nervenendbahnen laufen nicht unmittelbar zum Tastkörperchenbereich unter der Haut der Fingerbeere, sondern bilden nach Ver-

änderung ihrer Hüllen dicht unter der Haut mehrfach hintereinander, parallel zur Haut sich erstreckende netzförmige Fasergeflechte mit vielfachem Faseraustausch. Zuletzt verbinden sie sich durch „Aufpinselung“ ihrer Endfasern und damit zur Oberflächenvergrößerung der Neurofibrillenbündel mit den in und unter der Haut gelegenen, schichtförmig angeordneten Tastkörperchen für die Grundeigenschaften der Hautwahrnehmung (Berührung, Druck, Schmerz, Wärme, Kälte). Zu oberst zweigen von den Nervenfasergeflechten des Unterhautbindegewebes feinste Fäserchen ab, die sich in das Epithel hineinschlängeln und der Schmerzempfindung dienen. Merksche Tastzellen liegen im Verband der unteren Epidermis einzeln oder in Gruppen, während die großen Meißnerschen Tastkörperchen dicht unter der Epidermis anzutreffen sind und als Druck- und Sinnesorgane angesprochen werden. In der nächsten Schicht, im Unterhautbindegewebe, liegen die Krausschen Endkolben als Kälte- und die Ruffinischen Körperchen als Wärmerezeptoren. Noch tiefer finden sich die Golgi-Mazzonischen Körperchen für Druckempfindung und als größte Gebilde die Lamellenkörperchen. Alle diese Sinnesorgane sind Empfangsapparate für Außenreize. Von hier aus wird die Erregung durch Nervenbahnen den Sinneszentren der hinteren Zentralwindung der Großhirnrinde zugeleitet und dort in Empfindung umgesetzt.

Die räumliche Orientierung der Fingerbeere kommt dadurch zustande, daß die sensiblen Punkte der Tastkörperchen mit mehr als einem Nervenfascherchen Verbindung nehmen. So konnte Weddel zeigen, daß in einem Hautabschnitt mit guter taktiler Gnosis, wie in den Fingerbeeren, jeder sensible Reizpunkt von zwei bis drei Nervenfascherchen versorgt wird, die von verschiedenen Richtungen einstrahlen und in einem einzelnen Meißnerschen Tastkörperchen enden. Durch die enge räumliche Anordnung der einzelnen sensiblen Endorgane können auch abgestufte grobe und feine Reize gleichzeitig wahrgenommen werden.

Die taktile Gnosis ist ein zusammengesetzter Tasteindruck. Sie ist komplexer als Hören und Sehen, da sie stets aus einer Mischung von zwei oder mehr Grundreizen entsteht, um dann in einem entsprechenden Projektionsfeld der Hirnrinde zusammengefügt verwertet zu werden. Die Stärke und Genauigkeit der taktilen Gnosis hängt letzten Endes von der Zahl der ein Hautstück versorgenden Nervenfascherchen ab. So enthält jeder qcm der Fingerbeeren über 200 Nervenendigungen.

Von Bedeutung ist noch die Tatsache, daß die Fingerbeeren mit Leisten bedeckt sind, die als individuelle Anlage auch zum Fingerabdruck verwendet werden. Es handelt sich um Epidermisleisten, die mit Schweißdrüsenöffnungen oder Poren gesäumt sind und über zwei Reihen von Coriumpapillen liegen. Nach Hunner „dienen diese Leisten auf der hochspezialisierten Tastfläche der Fingerbeeren offensichtlich zur besseren und klareren stereognostischen Unterscheidung, ähnlich wie die Kreuzschraffierung bei der Bildreproduktion bessere Kontraste gibt“. Der empfindlichste Teil der Fingerbeere ist die zentrale Schlinge oder der Wirbel dieser Tastleisten.

Die überragende Bedeutung des Raumerkennens (Stereognosis), d. h. un-

ter Ausschluß unserer Augen Gegenstände nur durch Betasten dreidimensional zu erkennen und allein schon durch Abtasten mit einem Finger Aussagen über Größe, Oberfläche, Form und Beschaffenheit zu machen, beweist uns auch die an das Wunderbare grenzende Leistungsfähigkeit des Blinden, der den Verlust unseres wichtigsten Sinnesorgans, des Auges, weitgehend mit seiner „Sinneshand“ auszugleichen vermag. So kann er durch einfaches Befühlen erhabener Buchstaben die Blindenschrift lesen. Blinde Taucher, die in neuerer Zeit für schwierige Unterwasseraufgaben ausgebildet werden, können sich bei den heutigen schlechten Sichtverhältnissen unter Wasser mit dem Gefühl ihrer Hände besser zurechtfinden als Gesunde.

Kehren wir jetzt nochmals zu dem Handsatz in der Wiederherstellungschirurgie zurück, so verstehen wir, warum die alte Technik der „Kunsthand“ zu keinem Erfolg führen konnte und in dem Lehrsatz unserer alten Meister „Der Stumpf ist die beste Prothese“ eine unerschütterliche Wahrheit liegen mußte.

Bereits die Erfindung des Krukenbergarmes bei Handverlust brachte trotz seines wenig ästhetischen Anblickes — des krebsscherenartigen Unterarmstumpfes — einen wirklichen Fortschritt. Der gespaltene Unterarm wurde durch einen plastischen Eingriff zu einem Scherenmechanismus ausgebaut, bei dem die beiden Scherenteile, Elle und Speiche, mit räumlich empfindender Haut überkleidet sind und so unmittelbar zu kleinsten Arbeiten gebraucht werden.

Aber erst als es Zrubeky gelang, durch ein eigenes Operationsverfahren die Fingerkuppensensibilität wiederherzustellen und damit die schwer gestörte funktionelle Leistung der Hand weitgehend zu verbessern, indem er mit gefühlsbetonter Haut plastisch Fingerstümpfe deckte, waren hoffnungsvolle Zukunftsaussichten für die funktionelle Wiederherstellungschirurgie zu erwarten, und zwar auch dann, wo im Falle eines Mißerfolges der Nervennaht keine Rückkehr zur Sensibilität mehr möglich war.

Kreuz schreibt darüber in seiner Einleitung zu Zrubekys Veröffentlichung „Die Hand als Tastorgan des Menschen“ ... „Ich sehe es als ein großes Verdienst von Zrubeky an, daß er für einen Teil der Finger- und Handstümpfe diese brennende Problematik praktisch erfolgreich gelöst hat“ ...

Mit diesen grundlegenden Erkenntnissen über die Bedeutung der Tasthand für den Handgebrauch, die aus der praktischen Wiederherstellungschirurgie gewonnen wurden, ist der Beweis erbracht, daß nur die Doppelleistung von Fühlen und Greifen die menschliche Hand voll gebrauchsfähig macht, und daß sie der Verlust der Sensibilität zu einem minderwertigen Greiforgan herabsinken läßt, selbst wenn ihre Muskelkraft und Beweglichkeit unversehrt geblieben ist.

Einen überzeugenden Beweis für die Unersetzlichkeit eines plastischen Fühlens beim Handgebrauch liefert uns ein einfacher Versuch, in dem der Chirurg durch eine örtliche Betäubung der Finger in Höhe der Grundgelenke das Gefühl für die Fingerbeeren ausschaltet. Jetzt ist trotz vollkomme-

nen Erhaltenseins des Greifmechanismus jede geordnete Hantierung unmöglich.

Diese Tatsachen gewinnen höchste Bedeutung für die Menschwerdung, nachdem heute die Leistungen der Greifhand in den Mittelpunkt der Erörterungen über die Evolution gestellt werden. Ohne Einbeziehung der Sinneshand bleibt die neue Theorie nur ein Torso. Erst nach Ergänzung durch die Sinneshand zur Sinnesgreifhand erhält die moderne Deutung der Menschwerdung eine sichere Grundlage und erst jetzt können wir für die ehemalige Brachiation auch unserer menschlichen Vorfahren unwiderlegbare Beweise erbringen.

Die Entwicklungsgeschichte der Hand und des Armes

Nach den notwendigen einleitenden Erörterungen über den geweblichen Aufbau der Fingerbeere des Menschen mit ihrer überreichen Anhäufung von Tastzellen verschiedener Reizqualitäten, stufenförmig angeordnet und zu räumlicher Empfindung vielnervig miteinander verknüpft, die dazu zur Sicherung einer starken Aufnahmebereitschaft von einem eigens dafür abgewandelten Druckkammersystem in Dauerspannung gehalten und gegen Abnützung, sowie Druckschädigungen geschützt werden, kommen wir nun zu unserem eigentlichen Thema: Wann, wo und wie hat sich diese Sinnesgreifhand mit ihrer sehr leistungsfähigen räumlichen Nahorientierung entwickelt? Welche Antriebe gingen davon für die Menschwerdung aus? Welche kritischen Betrachtungen ergeben sich für die heutige Vorstellung über den Stammbaum der Primaten?

Wenn wir hierzu Stellung nehmen wollen, so müssen wir weit in die Stammesgeschichte der Organismen zurückgehen, um den Ursprung der menschlichen Hände zu erkunden. Bereits mit den paarig angelegten Brust- und Beckenflossen der Fische entstand die Urform der menschlichen Gliedmaßen. Diese vierfüßige Bauweise hat sich dann später bei allen folgenden Klassen über Lurche, Kriechtiere und Säugetiere bis zu den Menschen erhalten. Bei der Forschung nach der Herkunft der Binnenmuskeln der Hand erwiesen sich diese von allen Muskeln der Vordergliedmaße als die primitivsten. Stammesgeschichtlich entwickelte sich also die Hand vor dem Arm, der erst später aus dem Körper heraustrat.

In der Weiterentwicklung des Menschen vom Fisch über die Lurche wurde die vierstrahlige Fischflosse zur fünfstrahligen Hand. Während die Muskeln in den Flossen der Fische noch sehr wenig gegliedert sind, finden sich bereits bei den Lurchen hochentwickelte Binnenmuskeln in den Händen. Erst bei der Entwicklung der Säugetiere übernahmen lange Muskeln der Vorderarme durch Verlängerung in den Bereich der Binnenmuskeln der Hände die Bewegung der Finger. Um die Fortbewegung noch ausgiebiger zu ermöglichen, entwickelten sich bei den primitiven Wirbeltieren der Schulter- und der Beckengürtel als Gerüst für die Muskulatur zum Bewegen der Flossen bzw. der Gliedmaßen. Die weitere Entwicklung der Unterarme,

Oberarme und Schultergürtel mit ihrer hochgradigen Aufgliederung der Muskulatur erfolgte erst in späteren Stadien, auf deren Darstellung wir als zu weitführend hier verzichten. Es sei aber an dieser Stelle nochmals betont, daß die fünfstrahligen Hände während der Stammesgeschichte der Wirbeltiere das Primäre waren und erst sekundär Unter- und Oberarme zu ihrer Bedienung entwickelt wurden, so daß die Bewegung der einzelnen Fingerglieder durch Einwachsen der langen Fingerbeuger erst nachträglich erfolgte.

Dafür gibt es zwei untrügliche Beweise: Einmal ist die Druckkonstruktion der Hohlhände erblich bedingt. Nach v. Lanz & Wachsmuth „stellen die oberflächlichen und tiefen Schichten der Hohlhände in ihrer Gesamtheit ein überaus sinnvolles Gefüge dar, das in seiner Zweckmäßigkeit ohne weiteres durch seine Funktion erklärt werden kann. Trotzdem wäre es verfehlt, ontogenetisch kausale Zusammenhänge zwischen der Hand als Greiforgan und ihrem Bauplan anzunehmen. Die Hand ist vielmehr mit ihren kennzeichnenden Vertikalspannungen schon deutlich in der zweiten Hälfte der Embryonalzeit angelegt, lange bevor sie zum Greifen verwendet wird. Der Bauplan ist also in seinen Grundzügen von früheren Geschlechterfolgen her übernommen, mnemisch, nicht erst im Einzelleben erworben“.

Zum anderen stellt sich uns Chirurgen immer wieder ein unterschiedliches Verhalten im Heilen der Knochenbrüche der Hand und der des Unter- und Oberarmes dar. Die Hand- und Fingerknochen festigen sich wieder über die Bildung von Bindegewebe, das erst dann langsam verknöchert. Radiographisch läßt sich der Nachweis eines Fingerbruches über lange Zeit nachweisen, denn die Bindegewebsfuge verschließt sich knöchern nur langsam, ohne daß hierdurch eine frühzeitige Belastung beeinträchtigt würde. Im Gegensatz dazu steht die Heilung von Brüchen der Elle und Speiche, sowie des Oberarmes, bei denen in Höhe der Bruchstelle unmittelbar aus dem Bluterguß Callus gebildet und die überschüssige Knochenmasse erst dann langsam abgebaut wird.

Damit ist der Beweis erbracht, daß die stammesgeschichtlich älteren Handknochen nach einer Verletzung grundsätzlich anders heilen als die stammesgeschichtlich jüngeren Röhrenknochen des Armes.

Die Vierfüßler

Es steht fest, daß bereits im Altertum der Erde vierbeinige Landwirbeltiere auftraten. Fast 200 Millionen Jahre war ihr Körper auf Vierfüßigkeit eingestellt.

Auch die Affen, die sich seit 80 bis 50 Millionen Jahren mit dem Beginn des Tertiärs aus primitiven Insektenfressern am Ende der Kreidezeit herausbildeten, blieben während ihrer Entwicklung von den Vor- über die Halb- bis zu den Tieraffen diesem für die Quadrupeden typischen Körperbau treu, der sich für ihre Lebensweise bestens bewährt hatte.

Die waagerecht ausgerichtete Bauweise der Vierfüßler

Gregory hat ein vierbeiniges Tier treffend als eine „wandelnde Brücke“ bezeichnet. Sein Rückgrat ist ein gewölbter Brückenbogen, wobei die Wirbel an ihrem Vorderteil nach hinten und die hinteren Wirbel nach vorne geneigt sind, so daß der „Schub“ gegen den Scheitel des Bogens gerichtet ist. Die vier Gliedmaßen sind die Brückenpfeiler, Rumpf und Leib bilden die an dem ausgewogenen Bogen hängende Last. Die inneren Organe sind unter sorgfältiger Ausnützung des Brust- und Bauchraumes hintereinander gestaffelt untergebracht. Von der vorderen Brücke springt, wie ein auf sie ausgesetzter Bagger, der Hals mit seinem nach unten gerichteten Kopf vor, der das Maul als Greifvorrichtung für die Aufnahme der Nahrung und deren Zerkleinerung trägt und gleichzeitig auch Angriffs- und Verteidigungswaffe ist. Als Gegengewicht dient ein Schwanz, der bei einigen Arten auch als Greiforgan benützt wird.

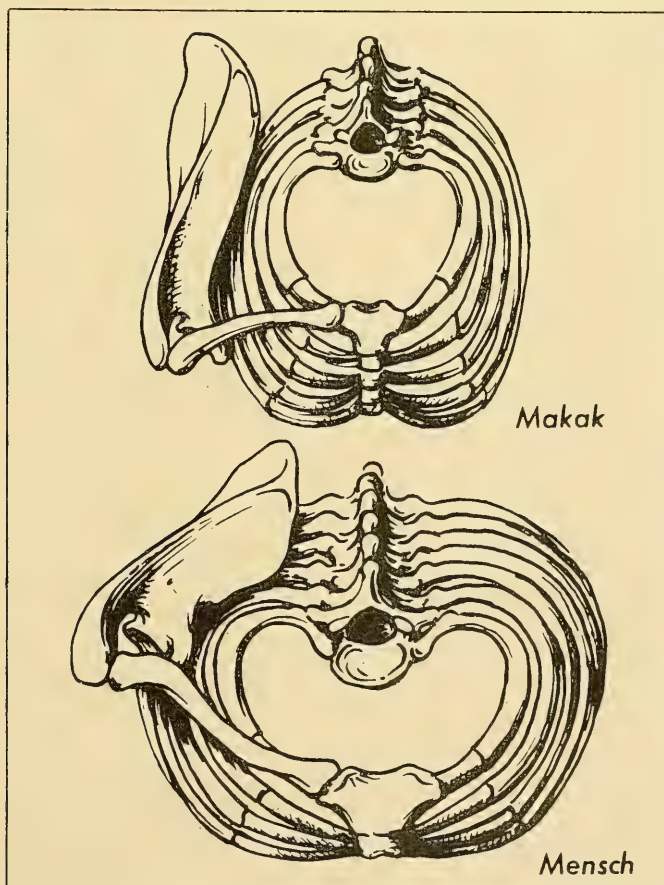


Abb. 2: Vorderansicht des Brustkorbs und Schultergürtels eines Vierfüßleraffen und Menschen (n. Schultz 1957).

Natürlich hat sich die Natur vielerlei Abwandlungen von diesem idealen Bauprinzip erlaubt und mit Anpassungen an jeweils besondere Lebensweisen mit entsprechenden Abwandlungen sehr freigebig experimentiert. Ich erwähne als Beispiel Halbaffen, die sich wie Faultiere unter den Ästen hängend bewegen können, ohne dabei ihre Vierfüßlerbauart aufzugeben.

Im allgemeinen zeichnen sich Vierfüßler dadurch aus, daß ihre hinteren Gliedmaßen länger und muskulöser sind als ihre vorderen (Abb. 2). Der Brustkorb gleicht einer schmalen, kammartigen Schiffsform und auch ihr Bauchraum hat in der Querachse einen schmaleren Durchmesser als in der Längsachse. Bei ihrer Fortbewegung werden die Gliedmaßen im Sagittalgang bewegt.

Die Dryopithecinen

Im Miozän entwickelten sich als oberste Stufe der Tieraffen und als Übergang zu den darauffolgenden Menschenaffen sehr unterschiedliche Formen, die bereits die Größe eines kleinen Schimpansen erreichten und die man unter dem Namen Dryopithecinen zusammenfaßt. Hierzu zählen *Pliopithecus*, *Dryopithecus (Proconsul) africanus*, *Aegyptopithecus* u. a. Es werden sicher noch weitere hinzukommen. Es waren flinke Tiere, die wie ihre Vorgänger zum Ausbalancieren ihres Gleichgewichtes mit Schwänzen ausgebildet waren. Sie bewegten sich als ausgesprochene Vierbeiner mit nach vorne gerichteten Zehen auf dem Boden und in den Bäumen. An ihren fünfstrahligen Zehen konnte die Großzehe bereits abgespreizt werden. Die Zehenendglieder trugen Plattnägel. Mit ihren vorderen Gliedmaßen konnten sie die Nahrung ins Maul führen. Diese entwicklungsgeschichtlichen Errungenschaften, dazu noch andere, wie die fast rechteckige Umgrenzung des Orbitaleinganges, sowie das Fehlen der sog. Kinnplatte beim *Proconsul*, weisen bereits auf ferne Zukunft hin. Doch darf man derartige geringe anatomische Besonderheiten am Skelett für die Vorwärtsentwicklung nicht zu hoch einschätzen, wie es manche Forscher getan haben, die die menschliche Entwicklung unmittelbar auf diese Vormenschenaffen, insbesondere ihre Steppenformen, zurückführen wollen. Von diesen Dryopithecinen, die als Boden- und Baumtiere über den ganzen altweltlichen Länderblock Europa-Afrika-Asien verteilt waren, liegen zahlreiche Fossilfunde vor, aber keiner kann als Beweis für die unmittelbare Abstammung des Menschen von diesen Vormenschenaffen genügen. Besitzt doch beispielsweise gerade der *Proconsul* große, dolchförmige Eckzähne, derentwegen ihn manche Wissenschaftler ganz aus der Ahnenreihe des Menschen ausschließen. So konnte auch Napier nachweisen, daß das Handskelett bereits Eigenschaften zeigt, wie sie bei Langarmaffen auftreten.

Vor etwa 15 Millionen Jahren muß innerhalb der zahlreichen Zweige der weitverbreiteten Dryopithecinen im Miozän eine entscheidende Änderung in ihrer Lebensweise und ihrem Körperbau stattgefunden haben, der hinsichtlich der Menschwerdung von grundlegender Bedeutung werden sollte.

Die Menschenaffen als Hangler (Brachiatores)

Aufgrund immunologischer Untersuchungen können nach Sarich die „zahlreichen Zweige der Dryopithecinen des Miozäns nur einen einzigen überlebenden Stamm hinterlassen haben, einen Stamm, der seine einzigartige Evolution der Adaption zur Brachiation verdankt. Die heutigen Menschenaffen und der Mensch, die aus der adaptiven Radiation nach der Anpassung zur Brachiation hervorgegangen sind, zeigen ähnliche Grundanlagen, in denen sich der erreichte neue Organisationsgrad widerspiegelt. Im einzelnen bestehen jedoch Unterschiede entsprechend der spezifischen Adaptionen, die unter den verschiedenen Richtungen der adaptiven Radiation erworben wurden.“ In der Weiterentwicklung zum Menschen machte die Entwicklung eben diesen Umweg, indem sie die sich jetzt umformenden Menschenaffen zu reinen Baumbewohnern werden ließ, deren besonderes Kennzeichen in einer neuartigen Fortbewegung durch Hangeln Hand über Hand mit hakenartig gehaltenen Sinnesgreifhänden an langen Armen bestand, wobei die Hände gleichzeitig noch vielen anderen Beschäftigungen dienen mußten. Diese umwälzende Neuerung bei den Menschenaffen, das Hangeln oder die Brachiation, wurde richtunggebend für die weitere Entwicklung und bedeutete für die gesamte Organisation des Körpers und für seine Statik eine völlige Umänderung der Bauweise von der waagerechten zur senkrechten Ausrichtung. Dies war bereits — und das darf hier mit Nachdruck gesagt werden — für die spätere Menschwerdung der eigentliche Auftakt und nicht der viel später erworbene aufrechte Gang, der lediglich aus dem „Hakenhandgang“ hervorging.

Mit dem ausschließlichen Aufenthalt in den Baumkronen der tropischen Regenurwälder reifte der sich neu formende Bautyp des Menschenaffen in seinem veränderten Körperbau und seinen auf die neue Lebensweise abgestimmten Verhaltensformen zur letzten Vollendung heran. Es kam zu einer Verschiedenheit zwischen den sich bis dahin spiegelbildlich gleichenden vorderen und hinteren Gliedmaßen der Vierfüßler. Die hinteren Gliedmaßen wurden wie bisher zur Fortbewegung benutzt. Sie behielten ihre Länge und dienten im wesentlichen dem Anklammern und Abstemmen in den Ästen beim Klettern. Während die Gliedmaßen der quadrupeden Affen, wie bei allen Vierbeinern, in ihrem Gesamtaufbau so gebaut sind, daß sie sich nur in sagittaler Richtung bewegen können, kommt es nun im Rahmen des ständig zunehmenden Umbaus ihres Körpers von der Waagerechten in die Senkrechte durch die neue Hakenhand-Hangelfortbewegung mit über dem Kopf gehaltenen Vordergliedmaßen zur Ausbildung langer in drei Richtungen ausschließlich für die Bedienung der „Sinnesgreifhände“ bewegbarer Arme. Es entwickelten sich an den sich verbreiternden Schultern zwei nach dem Prinzip eines Greifbaggers arbeitende Organe mit ganz neuen Aufgaben, die einen Teil der bisherigen von dem als Einzelbagger arbeitenden Hals mit Kopf und Maul übernahmen (Abb. 3). Nur durch die Entwicklung von Tasthänden, genauer gesagt von Tastballen der Fingerbeeren mit

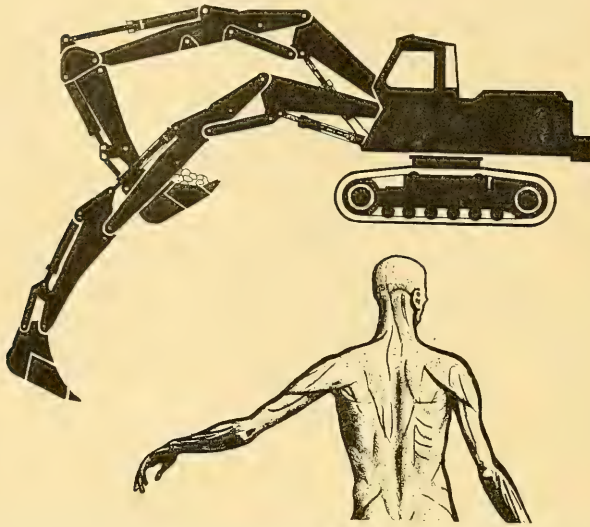


Abb. 3: Vergleich des menschlichen Greifbaggerarmes mit einer modernen Greifbaggermaschine.

ihrer räumlichen Nahorientierung, konnte den Menschenaffen, nachdem sie den Aufenthalt auf dem Boden vollkommen aufgegeben hatten, das Eintasten in das Geäst der Baumkronen der tropischen Urwälder gelingen, und nur so konnten sie ihren neuen Lebensraum in den Griff bekommen. Zehenveränderung, wie Verbreiterung der Zehenspitzen und die Umwandlung von Krallen in Plattnägel besonders der vorderen Gliedmaßen als Zeichen zunehmender sensorischer Funktion, hatten sich schon bei ihren Vorfahren, den baumbewohnenden Dryopithecinen angebahnt, die aber jetzt erst für die Bewältigung neuer Aufgaben zur höchsten Vollendung des Tastgefühls gesteigert wurden.

Hoch über dem Boden, im Gewirr der Äste, wo jeder Fehlgriff durch Sturz in die Tiefe den Tod bedeuten konnte, war die Stereognose der Fingerbeeren und die davon abhängige Fingerfertigkeit von ausschlaggebender Wichtigkeit für ihre neue Lebensweise. Bis sie die nötige Sicherheit in ihrem neuen, bleibenden Lebensraum gewannen, mußten sie sicher im Anfangsstadium ihrer neuen Hangelfortbewegung von Ast zu Ast und von Baum zu Baum viel Lehrgeld zahlen und Abstürze in Kauf nehmen, wenn schon Schultz erwähnt, daß bei den rezenten Schimpansen und Gorillas immer noch zehnmal soviel Knochenbrüche nachweisbar sind als in einer entsprechenden Serie von Menschenskeletten.

Nachdem die Fragen über den Zeitpunkt und den Ort der Entstehung der „Sinnesgreifhand“ beantwortet sind, stellt sich jetzt die dritte Frage: Wie kann man sich die völlige Umgestaltung der den Boden berührenden Füße mit nach vorne gerichteten Zehen in Hände mit hochentwickelten Fingerspitzengefühl und mit Fingerfertigkeit der nun aufkommenden „Brachiatoren“ vorstellen und welche Rolle spielen im besonderen die Tastballen der Fingerbeeren dabei?

Das Hanglertum oder die Brachiation

In der Hangelfortbewegung mit über den Kopf gehaltenen Armen ist bei jedem Stellungswechsel stets das Erfühlen der neuen Greifstelle am Ast mit den Fingerspitzen das Erste. Danach, wenn auch fast gleichzeitig, folgt das Greifen mit der ganzen Hand. Wird die Hand auf einen Ast aufgelegt, so müssen blitzschnell die Signale über die Situation des neuen Haltepunktes räumlich erfaßt werden, nämlich welchen Durchmesser der Ast besitzt, ob die Rinde rauh oder glatt, das Holz hart oder weich, der ganze Ast elastisch tragbar oder brüchig ist u. a. Diese Wahrnehmungen dem entsprechenden Gehirnteil zugeleitet, dort verwertet, verarbeitet, mit anderen Gehirneindrücken verbunden, müssen ebenso schnell zentrifugal zu den Armen und Händen zur Auslösung des jetzt erforderlichen Greifens umgeleitet werden. Mit zunehmender Übung erfolgt das Greifen reflexartig über das Rückenmark unter Aufsicht der höheren Gehirnzentren.

Durch das Gewicht des senkrecht nach unten hängenden Tieres werden die Finger und Teile der Hand mit ihrer Greifseite fest an den Ast angepreßt. Nur die Fingerendglieder, die federnd aufliegen, behalten eine genügend freie Beweglichkeit für das dauernde Abfühlen der Unterlage. Während auf diese Weise an den festliegenden Finger- und Handpartien das Fühlvermögen eher unterdrückt wird, vereinigen sich an den federnd aufgelegten Fingerbeeren der Endphalangen die Tastzellenreize zu einer ausgesprochen räumlichen Empfindung. Um sie beim raschen Stellungswechsel vor zu hartem Anschlagen zu schützen und doch gleichzeitig für beste Aufnahmebereitschaft der Tastregion zu sorgen, bilden sich zusätzlich in den Fingerbeeren die eingangs beschriebenen nicht zusammendrückbaren Druckkammersysteme. Durch diese besonderen Gewebsverhältnisse sind für die Stereognose der Fingerendglieder die Voraussetzungen geschaffen, um den Zugriff mit den hakenförmig eingebeugten Händen der jeweiligen Lage bestens anzupassen.

Auch die Hohlhände sind gegen den Druck, dem sie bei der Hangelfortbewegung ausgesetzt sind, gut gesichert, so daß die langen Fingerbeuger in ihrer Gleitfunktion nicht geschädigt werden. Dies wird durch das Anschmiegen der Sehnenscheiden an die Greiffläche der leicht flach muldenförmig gestalteten Fingerglieder erreicht. Die Sehnenscheiden haben außerdem noch die Form und Beschaffenheit harter Köcher, die zusätzlich in den Gelenkbereichen durch sich überkreuzende Bänder verstärkt werden. In der Tiefe der Hohlhände laufen die langen Fingerbeuger, eingehüllt in sehr veränderliche Scheiden, in einer tiefen Rinne, deren Ränder beiderseits durch Logen gebildet werden, die die Daumen, bzw. die Kleinfingerballenmuskulatur beherbergen. Die kräftige Palmaraponeurose, welche die Rinne überdacht, kann durch den *Musculus palmaris longus* und den in den Kleinfingerballen ausstrahlenden *M. palmaris brevis* längs und quer gespannt werden. Von der Palmaraponeurose ziehen ihrerseits wieder straffe Sehnenfasern senkrecht in die Tiefe und heften sich an das Mittelhandskelett. Dadurch wird

der Raum in drei Kammern unterteilt, der Muskeln, Sehnen, Gefäße und Nerven enthält. Wenn diese Gebilde innerhalb der einzelnen Kammern auch gegeneinander verschiebbar sind, so werden sie doch durch die Kammerwände im Bereich der einzelnen Fächer festgehalten, so daß in der Gesamtheit der Inhalt jeder einzelnen Kammer unveränderlich bleibt. Jeder Druck auf die Kammern wird entsprechend hydrodynamischen Gesetzen gleichmäßig auf die Gesamtheit des Kammerinhaltes übertragen.

Ähnliche Verhältnisse, wenn auch in stark verkleinertem Maße, wiederholen sich nochmals in zwei Etagen zwischen Haut und Palmaraponeurose. Hier wird der Raum in zwei Schichten durch zahlreiche senkrecht verlaufende Fasern, wie bei einer Matratze abgesteppt. Die dadurch entstehenden kleinen Kammerräume sind hier ebenfalls mit Baufett in Form von Fettträubchen prall ausgefüllt und werden so zu kleinen Druckkammern. Dadurch verteilt sich jeder örtliche Druck gleichmäßig auf die Gesamtoberfläche der einzelnen Kammern und schwächt ihn so nach hydrodynamischen Gesetzen soweit ab, daß die darunterliegenden Weichteile der Hohlhände vor örtlichen Druckschäden geschützt werden.

Die Haut der Hohlhände kann nicht in Falten abgehoben werden. Druckkammerbildungen im Hautbereich und in den tiefer liegenden Schichten der Mittelhand erwirken als Ganzes ein unverschiebbares Druckpolster und so den festen Griff der Hände.

Gleichzeitig mit der Ausbildung zu Sinneshänden für das Hangeln der Menschenaffen prägten sich die nach vorne gerichteten Füße der vorderen Gliedmaßen von Vierfüßeraffen in Greifhände um, die dem äußeren Anschein nach als Kletterhaken dienen. Sie stellen aber echte Greiforgane von so vielseitiger Leistungsfähigkeit dar, wie sie in der übrigen Tierwelt nicht ihresgleichen finden. Allerdings wird bei den Menschenaffen während ihres Millionen Jahre dauernden Baumdaseins in den tropischen Urwäldern die volle Ausreifung der menschlichen Greifhand mit opponierbarem Daumen noch nicht erreicht, da sonst das Hangeln und Rutschen an den Ästen durch vorspringende Hindernisse bei einem Umfassen eine Gefährdung der Daumen bedeutet hätte. Durch Anpressen der verkürzten Daumen an die langen Finger konnte dagegen der Übergriff während des Hangelns noch verstärkt werden. Außerdem genügten zunächst auch kleinere Daumen, die sich abspreizen ließen, vollends für ein normales Hantieren. Die Entwicklung der „Sinnesgreifhände“ bei den Menschenaffen war also aus Sicherheitsgründen gegen den ständig drohenden Absturz aus den Baumkronen das Vordringliche ihrer Wandlung und bot zugleich eine bessere Überlebenaussicht. Ihre Leistungen bestimmten richtungsweisend auch für die weitere Zukunft die notwendigen Körperumbauten.

Ohne Sinnesgreifhände wäre eine menschliche Entwicklung nicht möglich gewesen. In diesen Zeitabschnitt dürfte auch bereits der Beginn der Menschwerdung (Hominisation) anzusetzen sein.

Höchst bedeutungsvoll erwies sich, daß bei der Umwandlung der Vierfüßleraffen in Menschenaffen nicht wie bei den meisten anderen Tierarten die vorderen Gliedmaßen sich einseitig spezialisierten, sondern von Anfang

an ihren ursprünglichen aus der Frühzeit der Landwirbeltiere stammenden Bauplan eines fünfstrahligen Handskelettes beibehielten. Eine von vornherein einseitig festgelegte Handform hätte sonst später alle Möglichkeiten einer vielseitigen technischen Verwendung der Hand blockiert und die vervollkommnung zur menschlichen Hand nie zustandekommen lassen.

Diese Formveränderung der vorderen Gliedmaßen für die Brachiation bedingte einen Gesamtumbau des Körpers, bei dem kein Knochen, kein Muskel und kaum ein Organ ausgenommen wurde. Bei den Brachiatoren brauchten von jetzt an die vorderen Gliedmaßen nicht mehr wie bei den Vierbeinern das Körpergewicht mitzutragen. Der beim Hangeln tiefliegende Schwerpunkt des Körpers zog den ganzen Organismus in die Längsrichtung und führte zu einer in die Senkrechte sich einstellende Bauweise. Zunächst wurde während des Baumlebens nur die obere Körperhälfte betroffen, in dessen die Beine als Stemm- und Kletterorgane sich temporär spezialisierten. Die Umwandlung des Beckens und deren unteren Gliedmaßen an die senkrecht ausgerichtete Bauweise vollendete sich erst nach Erlangen der Zweifüßigkeit.

In der Anpassung der Menschenaffen an die neue Hangelfortbewegung Hand über Hand mußten sich zur Bedienung der Hände lange kräftige Arme entwickeln, die sich im Schultergelenk in einer in der Tierwelt bisher nicht vertretenen Form in drei Freiheitsgraden bewegen konnten. Es kam zu einer starken Verbreiterung des ganzen Rumpfes. Das Brustbein wurde breit und die Deltamuskeln als Armheber sehr groß. Statt der ehemaligen seitlichen Lage der Schulterblätter wie bei den Dryopithecinen auf ihrem schmalen kielförmigen Brustkorb in Höhe des Brustbeins, verlagerten sie sich bei den Brachiatoren auf die Rückseite des breiten Brustkorbes (Abb. 2). Dadurch kamen die ehemals wegen des Sagittalganges nach vorne gerichteten Schultergelenke jetzt bei den Menschenaffen für eine freie Rundumbeweglichkeit an die Schmalseite des Brustkorbes genau seitlich in Höhe der Wirbelsäule zu liegen, die sich selbst tief in ihn einsenkte. Dies bedeutete seinerseits wieder eine nierenförmige Umgestaltung des Brustkorbinnenraumes mit seiner Folgeerscheinung für die inneren Organe. Weiter spreizte das sich verlängernde Schlüsselbein das Schulterblatt vom Brustkorb ab und bot dadurch der Oberarmbewegung einen noch größeren Spielraum. Das an seinem seitlichen Ende mit dem Schlüsselbeingelenk verbundene Schulterblatt wurde schwebend in ein gewaltiges Paket breiter Muskelzüge eingebaut, die ihre Ansatzstellen vom Schädel über die Wirbelsäule, den Brustkorb und Arm bis zum Beckenkamm fanden und das Erheben des Armes bis zur Senkrechten ermöglichten. Diese Anordnung stellt gleichsam eine Art von Muskelgelenk dar. Die gelenkige Verbindung des Schlüsselbeines mit dem Brustkorb läßt den ganzen Schultergürtel kegelförmig um diesen Punkt kreiseln, was die Leistungen des Armes nochmals unterstützt. Für die Armbewegungen verlängerten sich noch die über zwei Gelenke reichenden Beuger der oberen Gliedmaßen im Vergleich zu den Streckern. Sehr ausgiebig gestaltete sich Beugung und Streckung im Ellbogengelenk durch die Ausbildung einer tiefen Grube am Ellbogengelenk, wodurch eine

vollständige Streckung des Armes ermöglicht wurde. Die Erhaltung der Speichendrehung am unteren Ende des Oberarmknochens gestattete eine Aus- und Einwärtsdrehung der Hand mit einem Spielraum von 180° . Außerdem steht die Elle nicht in Verbindung mit den Handwurzelknochen und erlaubt so eine freie Seitenbewegung der Hände.

Alle diese für den Gebrauch der Sinnesgreifhände notwendigen anatomischen Veränderungen des Hanglerkörpers konnten Höchstleistungen der Hände nur erreichen lassen, weil sich gleichzeitig eine Achsdrehung des Oberarmschaftes nach vorne vollzog. Ohne diese zwangsläufige Gegendrehung wären die Arme infolge des Ellbogenscharnieryelenkes beim Einbiegen vom Körper abgewandt worden. Erst durch das Drehmanöver der Oberarme kamen beide Hände vor dem Körper zur Zusammenarbeit und zugleich unter die Aufsicht der Augen. Nur unter diesen Voraussetzungen konnte sich das Manipulationsvermögen der Hände für das weitere evolutionäre Geschehen zu schöpferischen Leistungen steigern.

Der universale Greifmechanismus, wie er sich nur bei den höchsten Lebewesen ausbildete, bestätigt beim Greifen nicht nur eine bestimmte Gruppe von Unterarmmuskeln, sondern löst eine sehr komplexe Mitarbeit des ganzen Armes, eine Art von Kettenreaktion, fördernder, festigender, zusammenarbeitender und hemmender Muskelgruppen aus, die von den Fingern bis zur Schulter, ja darüberhinaus bis zur oberen Wirbelsäule reicht. Durch die feststellbare und in weiten Grenzen verschiebbare Plattform der Schultergürtel konnte der Aktionsradius der langen Arme bedeutend vergrößert und besser ausgenutzt werden, so daß die Fingerspitzen jeden Punkt des Körpers erreichen und die Arme in ihrem Verkehrsraum eine glockenförmige Region um den Körper beherrschen, die in einem weiteren Entwicklungsschritt durch eine in der Hand gehaltene Waffe noch entsprechend ausgedehnt werden konnte.

Treffend hat B r a u s die Einheit von Finger, Hand, Unter- und Oberarm, sowie Schultergelenk und Rumpf für den Greifmechanismus mit einem ausfahrbaren Greifbaggerkran verglichen, der aus einem drehbaren Sockel, einem mehrgliedrigen Ausleger und einem Greifer besteht (Abb. 3). Darüberhinaus besitzt der Arm aber noch zwei Eigenschaften, die bei der reinen Technik nie erreicht werden können. Mit seinen feingliedrigen auf Präzisionsarbeit eingestellten muskelfreien Fingern kann sich die Hand der Form und dem Umfang eines ergriffenen Gegenstandes genau anpassen und außerdem sich durch das Fingerspitzen- zusammen mit dem Tiefengefühl der Muskeln und Gelenke des Armes nicht nur über dessen Größe, sondern auch Beschaffenheit unterrichten.

Auch der Bauchraum wurde bei den Hanglern entsprechend der Veränderung des Rumpfes breit und flach, und es kam zu einer Gewichtsverlagerung der Eingeweide. Die Lendenwirbelsäule blieb kurz. Der Schwanz, der seine Aufgabe als Gewichtsausgleich bei den Vierfüßleraffen verloren hatte, bildete sich zurück.

Das räumliche Sehen

Neben der Entwicklung der Sinnesgreifhände als dem wichtigsten Akt der Brachiation mußten sich auch die anderen Sinnesorgane dem Dauerleben in den Baumkronen anpassen. Ein gutes Sehvermögen war lebenswichtig, weil die Menschenaffen in der Lage sein mußten, in dem Geäst der Bäume schnelle und richtige Vorwärtsbewegungen auszuführen. Während die meisten bodenbewohnenden Säugetiere der freien Landschaft rundum schauende, seitlich sitzende Augen besitzen, um ein möglichst großes Gesichtsfeld zu erhalten, wanderten, wie bereits bei den früheren Baumaffen, bei den Menschenaffen noch verbessert, die Augen nach der Vorderseite des Kopfes, wodurch sich die Gesichtsfelder überschneiden und so ein räumliches Sehen ermöglichten. Dadurch konnten die Brachiatores weite Entfernungen sehr genau abschätzen. Diese ergänzte auch vortrefflich die räumliche Nahorientierung der Tasthände. Hinzu kam noch das farbige Sehen, welches sich vielleicht beim Aufsuchen und bei der Auswahl bunter Früchte entwickelte.

Anpassung der Menschenaffen an das Baumleben

Da der Gesichtssinn wichtiger war als die übrigen Sinnesorgane, bildete sich der Geruchssinn stark zurück. Die in den Baumkronen lebenden Menschenaffen hatten hier keine Feinde zu fürchten, und Nahrung gab es im Überfluß. Damit war das Riechvermögen nicht so notwendig. So wurden die Schnauzen kleiner und das Gesicht flacher, was wiederum mehr Platz für die Augen schuf. Auch das Gehör war nicht übermäßig entwickelt und die Beweglichkeit der Ohrmuscheln bildete sich zurück. Hier, im Geäst der Baumkronen der tropischen Urwälder verbrachten die Menschenaffen etliche Millionen Jahre ihres Daseins. Ihr Gehirn war wie bei ihren äffischen Vorfahren größer und leistungsfähiger als das der jeweils gleichzeitig lebenden Tierarten.

Halbaffen, Affen und Menschenaffen haben alle denselben Grundplan des Gehirns. In seiner Fortentwicklung kommen nicht neue Hirnabschnitte hinzu, sondern es kommt zur Entfaltung und Verbesserung der Hirnrinde. Während das Riechhirn sich stark zurückbildet, verstärkt sich das Sehzentrum und die hintere Zentralwindung für die Körperfühlssphäre, insbesondere für das Fingerspitzengefühl und gleichzeitig die vordere Zentralwindung für Motorik. Dazu kommt die Entfaltung der gesamten Großhirnrinde als Voraussetzung für einen hohen Grad von Zusammenarbeit von Sehen, Fühlen, Bewegen und Gleichgewicht halten u. a.

Als Hauptnahrung dienten Früchte oder andere kohlehydratreiche Pflanzenteile, doch verschmähten sie als Allesfresser keineswegs Eiweißstoffe und Fette, die ihnen in der Kleintierwelt des Baumbereiches genügend zu Gebote standen.

In dieser Umwelt prägten sich ihre Instinkte, und hier erwarben sie ihre Verhaltensformen sowohl für das Einzelwesen als auch für die Familien- und Gruppenverbände. Alles, was zum alltäglichen Leben gehörte, Nahrungsbeschaffung, Schlaflagerbau, Zeugung, Geburt und Sterben vollzog sich in schwindelnder Höhe der Urwaldbäume. Selbst für ihren Wasserbedarf stiegen sie nicht von den Bäumen herab. Ihre Sicherheit und ihr Lebensvermögen verdankten sie als hochspezialisierte Brachiatores vornehmlich ihren räumlich empfindenden Sinnesgreifhänden, die ihr Fingerspitzengefühl und ihr Manipulationsvermögen ständig übten und verbesserten, so daß sie förmlich eins wurden mit den Baumkronen und ihnen die Äste gleichsam in die Hände wuchsen.

Eine vortreffliche, lebenswahre Vorstellung von diesen dem reinen Baumleben angepaßten Menschenaffen vermittelt uns ein Großdiorama von Professor Dr. Paul-Eduard Trautz in dem „Haus der Natur“ in Salzburg. Hoch in der Baumkrone hat sich eine Orang Utan-Familie sorglos breitgemacht, gleichsam, als ob sie auf sicherem Erdboden säße. Die Eltern bewegen sich am Rande des Schlaflagers, während der Nachwuchs sich in den Ästen tummelt und selbst Kleinstkinder sich im Hangeln üben. Durch das Astgewirr hindurch sieht man in gefährlicher Tiefe unmittelbar unter ihrem Rastplatz ein reißendes, schäumendes Wildwasser dahinströmen, welches die beschauliche Ruhe der Affen in keiner Weise stört.

Die Aufspaltung der Menschenaffen

In welche Zeit die gemeinsame Ausgangsgruppe für Menschenaffen und Menschen anzusetzen ist, läßt sich heute noch nicht sicher entscheiden, wird aber wohl mit 15 Millionen Jahren zu berechnen sein. Die Menschenaffen dürften als Einheit für die Anpassung an den neuen Lebensraum einen verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitt durchlaufen haben, während sie für ihre weitere Aufspaltung bis zum rezenten Menschenaffen und Menschen dazu wesentlich längere Zeiten beanspruchten, da sich jede Linie unabhängig von der anderen entwickelte.

Die Größen und Gewichte der einzelnen Brachiatoresarten unterscheiden sich sehr und besonders ihre Arme werden den jeweiligen Lebensbedingungen angepaßt (Abb. 4). Zuerst spalteten sich im Laufe der Menschenaffenentwicklung die Vorläufer der heutigen Gibbons und dann die des Orang Utans ab, die sich zu ausgesprochenen „Hangelschwingern“ ausbildeten. So erwarben die heutigen Gibbons und Orang Utans, wobei erstere auf einer geistig wesentlich niederen Stufe als die nachfolgenden Summoprimaten stehen, auffallend lange Arme und Hände mit verkümmertem Daumen, um durch Verbesserung des Hangel-Pendel-Schwingens wie Akrobaten große Entfernungen von Baum zu Baum überwinden zu können.

Bei den heutigen knapp einen Meter hohen Gibbons reichen die Arme im Stehen bis zum Boden. Sie haben eine Spannweite von fast zwei Metern. Der Orang Utan ist ein großes und schweres Tier, seine Arme reichen bis zu

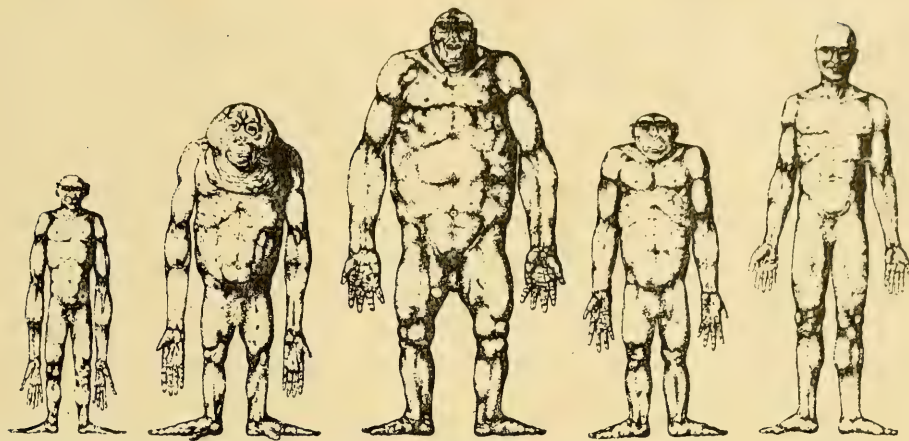


Abb. 4: Körperproportionen von Menschenaffen und Mensch (n. S c h u l t z 1933).

den Füßen und haben eine Spannweite von dreieinhalb Metern. Als letzte in der Weiterentwicklung stehen an der Spitze der Menschenaffen die miteinander eng verwandten Summoprimaten Gorilla, Schimpanse und Mensch. Der Gorilla ist der größte, heute lebende Menschenaffe. Seine Arme aber reichen nur bis zur Mitte des Unterschenkels. Er besitzt einen plumpen Körper und eine gewaltige Muskulatur. Die Schimpansen dagegen sind leicht gebaut, sehr beweglich, zeigen eine große Intelligenz und gewisse technische Begabung. Ihre Arme reichen bis unter das Knie. Beim Menschen dagegen reichen die Arme nur bis zum mittleren Drittel des Oberschenkels. Dabei muß man aber berücksichtigen, daß sich die Beine durch die spätere Entwicklung des aufrechten Ganges nachträglich streckten und dadurch ein anderes Verhältnis zu den Armen zustandekam.

Schimpanse und Mensch

Schimpanse und Mensch zeigen in Bau und Funktion ihres Körpers weitestgehende Übereinstimmung. Sie haben die gleiche Zahl an Knochen, Muskeln, Bändern und Gelenken, nur sind sie in Form und Größe unterschieden. Feingeweblich stimmen die Zellen sämtlicher Gewebe und Organe miteinander überein. Spermatozoen, Menstruation, unterschiedliches Wachstum von Wirbelkanal und Rückenmark, Pneumatisation des Schädels mit Ausbildung der Nasennebenhöhlen, um nur einige Übereinstimmungen zu nennen, bestätigen diese Tatsachen. Untersuchungen über die Eigenschaften des Blutes haben diese Übereinstimmung noch verstärkt. Nur besitzen die Schimpansen ein Chromosomenpaar mehr.

Schon wegen dieser anatomischen und physiologischen Verwandtschaft müssen Mensch und Schimpanse aus den gleichen Ahnen hervorgegangen sein. Dagegen besteht zwischen den Schimpansen und Gorillas ein größerer Unterschied.

So äußerte sich Weinert: ... „Es gibt heute noch eine Tierart, die mit keinem anderen Tier, wohl aber mit uns Menschen durch den gemeinsamen Besitz vieler Erbmerkmale verbunden ist, das ist der Schimpanse Afrikas“ ... „Es gab einmal einen Menschenaffenstamm, von dessen Nachkommen heute noch Schimpanse und Mensch leben, während alle anderen heutigen Anthropoiden schon vor dieser letzten Teilung sich abgesondert und dadurch die Schimpanse-Mensch-Merkmale nicht mehr erworben haben“. Wie können wir uns den gemeinsamen Ahnen von Menschen und Schimpansen vorstellen? An Hand der von Sarich erarbeiteten immunologischen Daten und der Kenntnis der lebenden Arten ist jetzt eine Rekonstruktion möglich. „Fragen wir uns nach der bestmöglichen Beschreibung der unmittelbaren Vorfahren von Gorilla, Schimpanse und uns selbst, so lautet die folgerichtige Antwort, daß dieses Lebewesen den am wenigsten spezialisierten der drei gegliedert haben muß. Dann beginnt die Rekonstruktion und das Verständnis für unsere jüngste Entwicklung mit einem Lebewesen, das sich nicht wesentlich von einem kleinen Schimpansen (*Pan paniscus*) unterscheidet.“ Kehren wir jetzt wieder zu unserer Betrachtung über den zeitlichen Ablauf der Brachiation der Menschenaffen zurück, so dürften alle Hänger nach Körperbau und Lebensweise bis vor 16 bis 8 Millionen Jahren auf reine Hakenhand-Hangelfortbewegung eingestellt gewesen sein.

Während die Gruppe der Gibbons und Orang Utans das Hangeln bis heute fortsetzte und ihre Lebensweise auf den Bäumen beibehielt, kehrten die Summoprimaten wieder zum Bodenleben zurück. Was sie zu dieser Änderung bewegte, läßt sich nur vermuten. Waren sie zu groß und zu schwer geworden, um in den Ästen noch genügend Sicherheit zu finden? Waren durch Klimaverschiebung die Urwälder zurückgegangen und damit ihre Lebensbedingungen verändert? Oder war in den einzelnen Populationen Übervölkerung eingetreten? Wir wissen es noch nicht.

Der Hakenhandgang der Summoprimaten

Von entscheidender Wichtigkeit war bei der Rückkehr der Summoprimaten zum Bodenleben, daß sie die ehemalige Fortbewegung der Vierbeiner im Sagittalgang mit nach vorne gerichteten Zehen nicht wieder aufnehmen konnten, da sie durch ihre inzwischen verlängerten Vordergliedmaßen zu einer ganz anderen Gangart gezwungen wurden. Allgemein wird diese Fortbewegungsart als „Knöchelgang“ bezeichnet. Dieser Ausdruck ist aber ungenau. Gorilla und Schimpanse laufen nicht auf den Mittelfingergelenken, sondern bei gestrecktem Handgelenk und leicht dorsal abgewinkeltem, sonst aber ebenfalls gestrecktem Grundgelenk der dreigliederigen Finger auf der Dorsalseite der rechtwinkelig eingebeugten Mittelphalange mit Einwinkelung des Endgliedes. Die Bezeichnung „Hakenhandgang“ dürfte dieser Gangart weit besser gerecht werden, zumal ja die Hakenhandstellung beim Bewegen auf dem Boden eigentlich eine umgekehrte Kopie der Hakenhangelhand der Brachiatores darstellt. Bei dieser Fortbewegung werden

die Tastballen der Finger mit ihren wichtigen Tastzellen und Druckkammersystemen weitgehend gegen jeden Druck geschont. Ferner können durch elastische Schaukelbewegungen der Fingergrundgelenke harte Stöße gegen das Handgelenk federnd aufgefangen und wie durch einen Stoßdämpfer ausgeglichen werden. Die Daumen liegen dem Zeigefinger an.

Gegenüber den verkürzten Daumen der übrigen Summoprimaten hatten die Hominiden einen verhältnismäßig langen Daumen, der über die Fingergrundgelenke reichte. Schon dadurch dürfte bei dem Hakenhandgang ein nicht zu unterschätzender Vorteil entstanden sein, indem beim Aufstemmen der langen Arme auf dem Boden mit der Daumenkuppe eine zusätzliche räumliche Nahorientierung über die Bodenverhältnisse vorgenommen und durch eine Kreisbewegung des Daumens noch gesteigert werden konnte. Gleichzeitig wurde durch diesen zusätzlichen Verkehrsraum des Daumens mit seiner hochsensiblen Kuppe die Standfestigkeit der Hand beim Anstemmen auf dem Boden in der Art eines Dreifußes noch verstärkt, was andererseits wiederum dem freien Arm bei Abwehrbewegungen mit einem Knüppel außerordentlich zugute kam, um von einer sicheren Stütze aus zielsicher Schläge auszuführen.

Die bogenförmige Fläche der am Boden aufgestemmt hakenförmig gekrümmten Hand mit den vorspringenden dritten und vierten Fingern, wie es heute noch bei Schimpansen zu beobachten ist, bedeuten keinen Nachteil für die Fortbewegung. Im Gegenteil, die Hand konnte am Boden leicht abrollen. Durch geringes Vor- und Zurückstellen der beiden längeren Finger in ihren Grundgelenken konnte die Unterstützungsfläche ausgeglichen und jedem unebenen Bodengrund bestens angepaßt werden. Mit diesem Vorteilen bot sich den Tieren auch eine größere Sicherheit bei ihrer Fortbewegung.

Hier sei auch die Frage aufgeworfen, ob bei den menschlichen Vorläufern in diesem Entwicklungsstadium bereits die Ursache für die Betonung einer der Vordergliedmaßen im Sinne einer Rechts-Linkshändigkeit lag, die später in einer besonderen Ausbildung des Großhirns ihren Niederschlag fand.

Während des Hakenhandganges wurden Rumpf, Hals und Kopf schräg nach vorne oben gerichtet und damit bereits nahezu ein Drittel des Weges bis zur aufrechten Körperhaltung erreicht (Abb. 5). Bei ruhiger Bewegung



Abb. 5: Schimpanse: a im Hakenhandgang, b bei schnellerem Laufen stärker aufgerichtet, c kann sich kurze Strecken fast aufrecht bewegen (n. Kortland).

ruht das Körpergewicht während des Hakenhandganges im wesentlichen auf den mittleren Fingergliedern. Die Fußsohlen werden dabei flach aufgesetzt. Bei schnellerem Laufen richten sich die Tiere, wie man bei Schimpansen beobachten kann, stärker auf. Dabei greifen die Arme gleichzeitig vorwärts, während die Beine abwechselnd nach vorne gesetzt werden. Mit ihrer Aufrichtung beim schnellen Laufen erreichen sie fast schon die Hälfte des aufrechten Ganges. Unsere rezenten Schimpansen können kurze Strecken bereits aufrecht, wenn auch schwankend, zurücklegen, wobei sich die Wirbelsäule leicht kyphotisch krümmt. Hüft- und Kniegelenke sind beim Stand mäßig gebeugt, so daß die Tiere niedriger erscheinen, als sie in Wirklichkeit sind (Kortland).

Die Vormenschen

Im Gegensatz zu den Ahnen von Gorilla und Schimpanse, die nach Rückkehr zum Bodenleben ihren Aufenthalt in den tropischen Urwäldern Afrikas beibehielten, stellten sich die Vormenschen nach endgültiger Aufgabe des Baumlebens in ihrer Lebensweise völlig um. Dabei bildete dann ihre Fortbewegung im Hakenhandgang einen gelungenen Übergang vom Hangeln zum späteren Gehen auf zwei Beinen.

Auch die Vormenschen konnten nicht mehr zu einem Vierfüßlergang mit nach vorne gerichteten Zehen mit einem waagrecht ausgerichteten Körper zurückkehren, sondern sie mußten sich von jetzt an im Hakenhandgang fortbewegen, da ihre vom Baumleben her langen und kräftigen Hangel- bzw. Greifbaggerarme die obere Körperhälfte, welche während der Brachiationsphase bereits in die senkrecht ausgerichtete Bauweise umgeprägt worden war, auffangen und schräg nach vorne oben hochstemmen mußten. Die anatomischen Anpassungen, die sie während ihres Baumkronendaseins erworben hatten, wurden jetzt von entscheidender Bedeutung für die neuen Bedingungen ihres künftigen Bodenlebens.

Zusätzlich zu der Umstellung ihrer Lebensweise auf dem Boden kam es im Laufe des Pliozäns zu einer Klimaänderung, die in ihrem Lebensraum auf der Hochfläche Ost- und Südafrikas eine offene, trockene Savannen-Steppenlandschaft mit parkartigen Baumbeständen schuf. Geographisch war dieser Raum von den in Zentralafrika verbliebenen Tropenurwäldern durch den ostafrikanischen Graben und den Nil getrennt. Diese Umgestaltung des Landschaftsbildes vollzog sich aber nicht plötzlich, sondern verlief in einer Millionen Jahre dauernden Übergangszeit. Für die Vormenschen brachte der Umzug von den Baumkronen auf den Waldboden über die Wald-ränder bis zum Aufenthalt in der offenen Savannensteppe eine Reihe ökologischer Übergänge, bis sie sich in ihrer Weiterentwicklung den veränderten Verhältnissen angepaßt hatten.

In dem veränderten Milieu der offenen und weiten Landschaft wirkte sich der Umweltdruck besonders nachhaltig auf entwicklungsmäßig noch junge, unspezialisierte und wachstumsträchtige Organe aus. Die Frühhominiden

mußten sich jetzt im Kampf ums Dasein unter wesentlich ungünstigeren Bedingungen der neuen Lage anpassen. In dem gänzlich anderen Lebensraum begegneten sie einer bereits erfolgreich angepaßten Tierwelt, insbesondere Großraubtieren. Kaum größer als ein kleiner Schimpanse waren sie für das Leben auf dem Erdboden schlecht ausgerüstet. An Muskelkraft gegenüber den großen Raubtieren hoffnungslos unterlegen, waren sie mit ihren kurzen Beinen für ausdauernden Lauf, schnelles Rennen und weite Sprünge ungeeignet. Wegen nur noch geringen Riechvermögens, dessen größten Teil sie während ihres gesicherten Baumlebens eingebüßt hatten, und wegen eines nur mäßig guten Gehörs und unbeweglicher Ohrmuscheln konnten sie mit den Tieren ihrer Umwelt nicht konkurrieren. Statt des räumlichen Sehens, das ihnen bei ihrer Hangelfortbewegung als lebenserhaltend zugute kam, wäre für sie zur Sicherung in der offenen Landschaft ein seitlicher Augenstand mit Rundumsehen weitaus zweckmäßiger gewesen. Wenn sie auch im Anfang ihrer Hakenhandfortbewegung ihre Eckzähne noch notwendig gebrauchen konnten, verkleinerten sich diese im weiteren Verlauf ihrer Entwicklung.

Das war bereits während ihres Baumlebens durch Verkleinerung der Schnauze vorbereitet, weil die kleine Schnauze für das räumliche Sehen ein besseres Blickfeld bedeutete.

Nahezu bar jeder körperlichen Waffe hätten die Vormenschen in einer solchen Situation ohne den Besitz von Sinnesgreifhänden keine Überlebensaussicht gehabt. Letztere wurde zusätzlich durch die sich anbahnende Offenheit, Trockenheit und Baumarmut der Landschaft noch verschlechtert, so daß sie sich nach anderen Futterquellen umsehen mußten. Durch die Verminderung ihrer vornehmlich pflanzlichen Nahrung, auf die sie während ihrer Hangelzeit eingestellt waren, wurden sie jetzt gezwungen, auf Tiere Jagd zu machen und zu einem fast reinen Fleischverzehr überzugehen. Dies erzwang andererseits wieder, sich so bald wie möglich aus dem Hakenhandgang für ständig aufzurichten, da nur der aufrechte Gang ihrer Jagdweise größere Vorteile erbrachte.

Wieder einmal wurden die Hände mit ihrem räumlichen Fingerspitzengefühl und ihrem Greifvermögen, das sie von ihrem ehemaligen Baumleben her mitbrachten, richtungsweisend für die Zukunft und Schrittmacher der Menschwerdung. Mit ihren Sinnesgreifhänden an langen in drei Freiheitsgraden beweglichen Hangelarmen konnten die Vormenschen vom Anfang ihres Bodenlebens an mit aufgelesenen künstlichen Waffen geschickt umgehen, sich erfolgreich verteidigen und Beute erwerben, nachdem bereits ihre Vorläufer als Hangler die Hände im Umgang mit Ästen geformt und geschult hatten.

Ohne die Leistungen ihrer Sinnesgreifhände mit ihrer Doppelfunktion hätten die Vormenschen den Kampf ums Dasein in einer lebensgefährlichen Umwelt nicht bestehen können und ihnen darf man den Vorrang für die weitere Menschwerdung zusprechen. Hier schlug die Schicksalsstunde der Menschwerdung, denn die erste erfolgreiche Selbstverteidigung eines Vormenschen mit einer künstlichen Waffe bedeutete die „Sternstunde“ des wer-

denden Menschen. R u s t hat einmal gesagt: . . . „Nur unter dem Schirm der Waffen hat die Menschheit ihre Entwicklung genommen“. Ähnlich äußerte sich auch H o n o r é: . . . „Es begann mit der Technik, die Menschwerdung nämlich, denn beides ist untrennbar miteinander verbunden“.

Daß in der Tat die Aufgaben und Leistungen der Sinnesgreifhände sich für die Vormenschen im Kampf ums Dasein bewährten, dafür liegen zwei unumstößliche Beweise vor. Einmal die Verkleinerung ihrer Eckzähne während des Pliozäns und zweitens das Vorhandensein wohlentwickelter, bereits auf menschlicher Entwicklungshöhe stehender Fingerbeeren mit taktiler Gnosis.

Wie hätte eine Verkleinerung der großen wehrhaften Eckzähne, als der einzigen natürlichen Waffe der Vormenschen gegenüber einer überlegenen Raubtierwelt stattfinden können, wenn an ihrer Stelle nicht ein viel besserer Ausgleich in Gestalt leistungsfähiger Sinnesgreifhände und zu ihrer Bedienung lange, dreidimensional bewegliche Baggerarme getreten wäre. Diese Arme und Hände übernahmen nicht nur die Aufgabe der Eckzähne weitgehend, sondern befreiten darüberhinaus auch die Arme von der Fortbewegung auf dem Boden und vom Tragen des Körpers.

Mit der Verkleinerung der Eckzähne kam es als einem der wichtigen, die Menschwerdung begleitenden Merkmale zur Wölbung des harten Gaumens und zugleich mit Verlust der Zahnlucke (Diastema), an Stelle des U-förmigen Zahnbogens der Menschenaffen zu einem V-förmig nach hinten verbreiterten mit bogenförmig abgerundeter Vorderzahnreihe. An diese Umformung des Zahnbogens erinnert noch das Auftreten einer Lücke zwischen Eckzahn und erstem Prämolaren bei unseren Kindern, bei denen vorübergehend, etwa im vierten Lebensjahr, während des Kieferwachstums wegen der Kleinheit der Milchzähne ein Diastema angedeutet ist. Die spitzen Eckzähne im Milchgebiß und die langen Wurzeln der bleibenden Eckzähne erinnern ebenfalls noch an ihre ehemalige Aufgabe.

Zum anderen müssen bei den Vormenschen bereits wohlausgebildete Fingerbeeren menschlichen Ausmaßes mit Druckkammersystem zum Schutz der angereicherten Tastzellen und der Plattennägel bestanden haben, wie Fossilfunde beweisen. Nach N a p i e r sind die Spitzen fossiler Endphalangen aus der Oldowayschlucht und der Australopithecinen sehr breit und entsprachen in Form und Größe genau der Tuberositas unguicularis des heutigen Menschen. Dies spricht für den Besitz ausgereifter Sinneshände mit entsprechenden Tastballen bei den Vormenschen, wie sie sie von ihren Vorläufern als Grundlage eines sicheren Hangels übernommen haben müssen.

Die Menschwerdung (Hominisation)

Für die verhältnismäßig schnelle Menschwerdung dürften (während sonst bei der Evolution über zahllose Generationen sich hinziehende Mutationen und Selektionen allein körperliche Fortschritte bringen), Überlieferungen, glücklich zueinanderpassende Zufälle und eine dauernde evolu-

tionäre Rückkoppelung, die wechselseitig als Ursache und Wirkung auftritt, viel entscheidender gewesen sein. Die einzelnen körperlichen Veränderungen gingen nicht, wie Morris sich ausdrückt ... „nacheinander vor sich und ergaben sich nicht eins aus dem anderen im Ablauf großen, folgenreichen Geschehens, sondern gleichzeitig nebeneinander und in Wechselwirkung miteinander. Ein kleiner, winziger Schritt voran, erst hier, dann dort, jeder den anderen bestimmend und vorwärts drängend“ ...

Dies zeigt in ganz besonders drastischer Weise die Entwicklung des aufrechten Ganges. Um zur Abwehr von Feinden Waffen beim Zuschlagen oder Zustoßen wirkungsvoll auszunützen, mußten sich die Vormenschen aufrichten (Abb. 6). In Anpassung an das Leben in der Steppenlandschaft mit ihrem hohen Gras waren sie gleich nach ihrem Abstieg von den Bäumen gezwungen, sich möglichst hoch aufzurichten, um bei der Beobachtung der Umgebung ein weites Gesichtsfeld zu haben. Anschleichende Raubtiere mußten rechtzeitig erkannt und günstige Nahrungsmöglichkeiten ausgekundschaftet werden.

Damit war der Übergang zum aufrechten Stand bereits gegeben, der aus der Hakenhandstellung heraus nicht schwierig war, nachdem während der langen Hangelzeit sich die obere Körperhälfte auf die senkrechte Bauweise eingestellt hatte. Mit dieser nicht ganz vollständigen Aufrichtung konnten sich diese Lebewesen zeitweise auf den Hinterbeinen frei, wenn auch etwas schwerfällig bewegen. Noch heute haben die Schimpansen und Gorillas sozusagen als lebende Fossilien den Hakenhandgang mit zeitweiliger Aufrichtung beibehalten und bieten uns für die Menschwerdung unersetzliche Un-



Abb. 6: Schimpanse in Beobachtungsstellung sich aufrichtend, Hände in Hakenstellung (n. Kortland).

terlagen und Beweise. Die Vormenschen dagegen mußten bei ihrer Wehrlosigkeit zur Sicherung ihres Lebens und zur Verteidigung gegen überlegene Feinde noch einen wichtigen Schritt weitergehen und ihren Körper aufrichten, um mit ihren Sinnesgreifhänden ihre künstlichen Waffen aufs beste zu handhaben. Das wiederum beeinflusste die Menschwerdung entscheidend. So ist der aufrechte Gang nichts weiter als die selbstverständliche Folge des Hakenhandganges, sozusagen sein Schlußakt.

Die Zweifüßigkeit (Bipedie)

Allein durch die Tätigkeit der Sinnesgreifhände wurde die Zweifüßigkeit, da sie sich als notwendig und zweckmäßig erwies, erzwungen. Mit jedem Schritt zur Zweifüßigkeit wurden die Hände immer mehr zur Anfertigung und zum Gebrauch von Waffen und Werkzeugen frei. Je mehr sich die Lebewesen auf ihren Waffengebrauch verlassen konnten, um so größer war der Antrieb, sich nur noch auf ihre Beine zu stützen. So ergab sich die Zweifüßigkeit aus einem ständigen Umweltdruck auf die Lebensführung, wobei sich der Handgebrauch zum Waffenführen und das Körperaufrichten zum Zuschlagen bei der Verteidigung wechselseitig als Ursache und Wirkung beeinflussten.

Unter Verlängerung der Beine, Streckung der Hüft- und Kniegelenke,

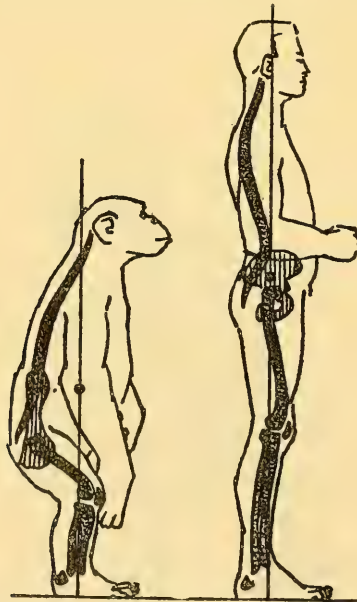


Abb. 7: Stellung der Wirbelsäule und des Beckens vom Menschen und Schimpansen bei aufrechter Körperhaltung. Beide Figuren auf gleiche Größe gebracht. Wirbelsäule des Schimpansen kyphotisch gebogen, Hüft- und Kniegelenke gleichmäßig gekrümmt, Schwerpunkt weit vor der Wirbelsäule. Beim Menschen Wirbelsäule S-förmig gebogen, Hüft- und Kniegelenke fast ganz durchgedrückt. Schwerpunkt in der Mitte des Beckens (n. T h e n i u s).

Umwandlung der ehemals sehr beweglichen Greiffüße zu Schreit- und Standfüßen auf den federnden Fußwurzeln und Mittelfüßen, paßte sich jetzt auch die untere Körperhälfte der senkrechten Bauweise des Gesamtkörpers endgültig an. Die vorausgegangene zeitweilige Aufrichtung der Vormenschen, wie sie heute noch bei den Summoprimaten erhalten geblieben ist, unterscheidet sich dadurch von der Daueraufrichtung des späteren Menschen daß der Schwerpunkt des Körpers infolge der kurzen, in Hüft- und Kniegelenken leicht eingewinkelten Beine wesentlich bodennäher und weiter ventralwärts vor der kyphotisch gebeugten Wirbelsäule liegt, wie es Abb. 7 anschaulich darstellt. Außerdem mußte für diese Haltung eine erhebliche Muskulatur im Rücken und Nacken beansprucht werden.

Worin bestanden nun die statischen Schwierigkeiten bei der Aufrichtung aus dem „Hakenhandgang“ zur senkrechten Körperhaltung? Der Körper mußte genau senkrecht über die Unterstützungsfläche der kleinen Füße gebracht und möglichst zweckmäßig durch Einsparen von Muskelkraft in dieser Lage gehalten werden.

Die anatomischen Voraussetzungen für den aufrechten Gang

In einer kurzen Darstellung sei nun auf den verwickelten statischen Umbau eingegangen, wie er sich bei den Vormenschen vom Hakenhandgang zur Zweifüßigkeit vollzog, wobei wir aber weniger Einzelheiten als vielmehr die Grundvorgänge schildern.

Mit Änderung der Hakenhandfortbewegung zum aufrechten Gang wurde die massige, bereits während der Hangelzeit in die senkrecht gestellte obere Körperhälfte um eine Drehachse, die durch die Mitte der Hüftgelenkpfannen läuft, allmählich und für immer aufgerichtet. Gerade die Stelle, an der sich die Aufrichtung vollzog, die Achse, um die sich der Oberkörper bewegte und die Körperregion, die den aufrechten Gang ständig zu überwachen hatte, war daher in ihrer äußeren Erscheinung am stärksten betont. So ist es denn, wie H o e p k e sich ausdrückt: ... „kein Zufall, daß um diese wichtigste Achse unseres Körpers, die Drehachse der Aufrichtung und der aufrechten Haltung, die mächtigsten Knochen liegen: Becken und Oberschenkel, das stärkste Gelenk: das Hüftgelenk, das stärkste Band: das Lig. iliofemorale, der stärkste Muskel: der *M. glutaeus maximus*, der stärkste Nerv: der Nervus ischiadicus. Es ist kein Zufall, daß am Becken, nahe dieser Achse, sich die größten Faszien unseres Körpers anheften, die Bauchaponeurose, die Fascia lata und die Fascia lumbodorsalis. Es ist kein Zufall, daß die Wirbelsäule, die mit dem Becken und von ihm aus aufgerichtet wurde, sich mit so vielen Wirbeln fest, fast unbeweglich dem Beckenring eingefügt hat“ ...

Das Becken als Mittelpunkt der veränderten Statik des Körpers neigte sich aus der hochgestellten Form bei den Affen nach hinten in die Horizontalebene und nahm die Gestalt einer breiten Schüssel an, die zusätzlich zu ihren neuen Aufgaben noch die Eingeweide zu tragen hatte und den Ge-

burtskanal führte. Durch dieses Abkippen des Beckens nach rückwärts, bei gleichzeitigem Strecken der Kniegelenke, wurde der noch immer viel zu weit vor den Hüftgelenken gelegene Schwerpunkt des Oberkörpers durch Rückbiegung der Lendenwirbelsäule unter Ausbildung des Promontoriums nach hinten gebracht. Dafür erzwang die Lendenkrümmung ihrerseits in entgegengesetzter Richtung eine entsprechende Brust- und Halswirbelbiegung, um Oberkörper und Kopf ins Gleichgewicht über die Füße zu stellen. Auf diese Weise konnte das doppel-S-förmig gebogene Rückgrat wie eine lang ausgezogene Spirale auf ihrer Spitze den Kopf elastisch tragen und dazu noch das an ihrer oberen Hälfte ohne verwickelte Stützung befestigte Sparrengerüst des Brustkorbs, in das sich die Wirbelsäule bauchwärts stark einsenkte, balkonartig vorspringen lassen. Um aber die Wirbelsäule in der Senkrechten dauernd in Schwebelage zu halten, bediente sie sich einer Vorrichtung, wie sie uns zur Befestigung eines Mastes in einem kleinen Segelboot vertraut ist. Wie Abb. 8 zeigt, ist das „untere Ende desselben im Schiffsboden fest eingelassen und in einiger Entfernung darüber läuft der Mast durch die Ducht (quer verlaufende Bank), so daß er also an zwei Stellen befestigt ist. Der Hauptdruck der Segel liegt an seinem oberen Ende. Wird der Mast durch seinen Segeldruck abgebogen, so bietet er nur bei einer ganz bestimmten Form den größten Widerstand gegen Bruch bei geringstem Materialaufwand und Gewicht. Er muß in der Höhe der Ducht am stärksten sein und von hier aus sich gegen die beiden Enden allmählich verjüngen. Dasselbe können wir für die Wirbelsäule gelten lassen. Sie ist an ihrer stärksten Stelle straff gelenkig mit den beiden Hüftbeinen verbunden und verdünnt sich nach oben und unten. Das untere zugespitzte Ende des Kreuzbeines ist durch Bänder mit den Sitzbeinhöckern und den Sitzbeinstacheln verspannt“ (Mollier).

Die Verspannung der aufgerichteten Wirbelsäule mit dem Becken liefert auf der Rückseite der *Musculus erector trunci*, auf der Vorderseite oben eine Muskelverbindung zwischen Halswirbel und oberer Brustkorböffnung und unten die breiten Muskeln und Faszien der Bauchdecke, die sich zwischen dem unteren Brustkorbbabschnitt und dem Becken erstrecken. Die Be-

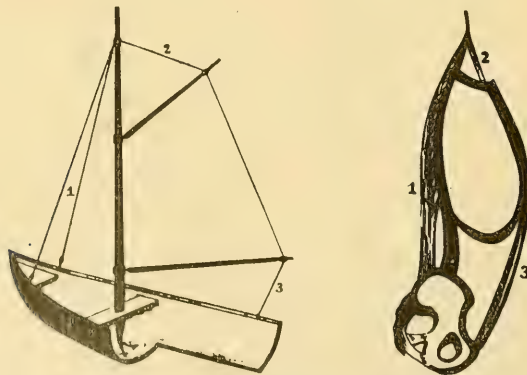


Abb. 8: Vergleich einer menschlichen Wirbelsäule mit einem Bootsmast (n. Mollier).

deutung der Gesamtmasse des *M. erector trunci* besteht auch noch darin, daß sie das labile Gleichgewicht des Körpers mitüberwachen muß.

Kommen wir nochmals zum Beckengürtel zurück, so bedingt die Zweifüßigkeit nebst Verkürzung und Verbreiterung der Darmbeinschaukeln, daß die *Sacro-iliacal*-Gelenke mehr an die Oberschenkelgelenke heranrücken und bei aufrechter Körperhaltung übereinander liegen, während sie bei den niederen Primaten in Vierbeinerhaltung hintereinander angeordnet sind. Durch diese Lageveränderung werden Becken und Rumpf gegenüber den Beinen wesentlich gefestigt, so daß die Beine an der waagerecht gelagerten Beckenwanne statisch ausgewogen ausgerichtet verankert werden. Das Becken ist hinsichtlich seiner Grundplanung durch seine zentrale Stellung im gesamten Körper auf Stand und Stütze eingestellt. In seiner aus zwei paarigen und einem unpaaren Baustein zusammengesetzten Form läßt es so gut wie keine Bewegung in sich zu, so daß Muskeln völlig fehlen, die seine Teilstücke gegeneinander verstellen könnten. Außerdem wurde an dem knöchernen Becken jeder funktionell unnötige Materialaufwand vermieden. Das Ergebnis war eine Rahmenkonstruktion (auch die Kantenverstärkungen der dünnen Darmbeinschaukeln zählen dazu), die für die ansetzenden und abgehenden Muskeln und großen Fascien am Becken eine feste Grundlage bildet.

Mit Erreichen der Zweifüßigkeit bestand die Aufgabe der Beine ausschließlich im Tragen der Körperlast und in der Fortbewegung. Im Gegensatz zu der vielseitigen Beweglichkeit der Arme, die nach der Bauweise eines Greifbaggers nur zur Bedienung der Sinnesgreifhände geschaffen wurden, führte der statische Umbau der hinteren Gliedmaßen, die sich bei den Vornmenschen noch durch ziemliche Kürze mit leicht eingewinkelten Hüft- und Kniegelenken und sehr beweglichen Greif- und Stemmfüßen auszeichneten, zu einer Anpassung an die senkrechte Bauweise. Diese war für die obere Körperhälfte bereits während der Hangelzeit eingeleitet worden. Jetzt wurde sie jedoch mit der aufrechten Körperhaltung in allen Einzelheiten der Knochen, Muskeln, Gelenke und Bänder der Beine vollendet. Es mußten die stützenden Beinsäulen als Körpersockel durch Verlängerung in ein günstiges, ausgewogenes Verhältnis zum gesamten Körper gebracht werden und mit ihrem Gewicht und ihrer Masse imstande sein, jederzeit die sich ständig verändernden Balancevorgänge des Körpers aufzufangen und auszugleichen. Nach Vollendung des aufrechten Ganges betrug die Länge der Beine bei Erwachsenen etwa die Hälfte des gesamten Körpers, und die Beine machten zusammen an Masse mehr als ein volles Drittel des Körpers aus.

Die gestreckte Beinsäule des Menschen stellt vom Hüft- bis zum oberen Sprunggelenk eine statische Einheit dar, die auf einem kurzen, straff-federnden Fußgewölbe verankert ist. Durch eine starke Belastung beim Stehen und Gehen sind die Beinsäulen zwar durch besondere Kraft und Festigkeit ausgezeichnet, dafür jedoch ihre Gelenke in ihrem Bewegungsumfang erheblich eingeschränkt. „So zeigen die Beingelenke in der Fortbewegungsrichtung die größten Ausschläge, die durch stärkste Knochen- und Bandführungen gesichert sind. Andererseits ermöglicht die Beschränkung

der passiven Bewegungsapparate den Muskeln, sich auf wenige Bewegungen einzustellen, diese aber um so kraftvoller auszuführen“ (v. Lanz & Wachsmuth).

Die sich dreidimensional bewegenden kugeligen Oberschenkelköpfe, durch deren Zentrum die entscheidende Drehachse der Körperrichtung geht, stecken zu Zweidrittel in den tief im Beckenknochen eingelagerten Gelenkpfannen, die noch durch Gelenklippen vergrößert sind. Sie werden noch durch stärkste Bänder gesichert, die infolge ihres schraubenförmigen Verlaufes die Gelenkköpfe bei Streckstellung fest auf die Pfanne drücken, um ein Nachhinterfallen und ein Absinken des Beckens beim Gehen auf der Seite des Spielbeins zu verhüten. Der Schraubvorgang wird bei Gelenkbeugung wieder gelockert. Diese einfache und zweckmäßige anatomische Situation spart in Übereinstimmung des gesamten Bauplans beträchtliche Muskelarbeit ein (Goerttler), zumal die Hüftgelenke an und für sich bereits mit dicken Muskelmänteln gesichert sind und dadurch deren Beweglichkeit stark einschränken.

Hier sind im Gegensatz zu den Verhältnissen am Oberarmkopf noch besondere anatomische Konstruktionen eingebaut. Die Gelenkköpfe liegen nicht in Verlängerung der Oberschenkelhäfte, sondern sind durch einen seitwärts weit ausladenden Schenkelhals mit den Schäften stumpfwinkelig verbunden. An der Verbindungsstelle von Schenkelhals und Oberschenkelerschaft erheben sich auf der Rückseite die kräftigen, durch eine Brücke verbundenen Rollhügel, an denen ein Teil der das Hüftgelenk umgebenden Muskeln ihren Ansatz findet. Insbesondere erhält der Strecker des Hüftgelenkes als Gegenspieler zu dem *Musculus iliopsoas*, der kräftige *M. gluteus maximus* an dieser Knochenleiste eine breite, fächerartige Aufsplitterung, die für das menschliche Gesäß kennzeichnend ist. Die Menschenaffen haben kein Gesäß. Dabei ergab sich als eine Besonderheit bei der Aufrichtung des menschlichen Körpers im Bereich der Gesäßmuskeln, die ursprünglich alle reine Streckmuskeln waren, ein Funktionswechsel für die *M. glutei medii* und *minimi* insofern als diese zu Beugern wurden. Zur Sicherung der Drehachse ragen die Gipfel der Rollhügel über sie hinaus, wodurch das Bein bei seiner Vorwärtsbewegung nicht gerade durchschwenkt, sondern sich leicht nach außen im Kreis bewegt.

Viel bedeutungsvoller für die Statik der Beinsäule erweist sich jedoch das kranartige Ausschwenken des proximalen Endes des Oberschenkel-schaftes. Dadurch, daß sich die Oberschenkelhäfte in ihren unteren Anteilen wieder nach medial zu den Gelenkköpfen zurückwenden und damit die Kniegelenke in die Fallinie zwischen Hüftköpfe und obere Sprunggelenke zu liegen kommen, wird jeder Druck auf die Verankerung der Beinsäulen am Becken durch die kranartige Abbiegung der Schenkelhälfte elastisch aufgefangen. Außerdem werden harte Stöße in der Längsrichtung der Beine in allen Gelenken gedämpft. Zugleich bedingt die leicht convexe Biegung der Oberschenkelhäfte nach vorne eine Verlagerung der Kniegelenkachsen nach hinten und erhöht so ihre Standfestigkeit. Wichtig ist aber noch, daß nur auf diese Weise die Kniegelenke bis zum Berühren der Fersen mit dem

Gesäß stark gebeugt werden können und damit erst die Voraussetzung für ein schnelles Laufen (Flucht) geschaffen wird.

Wie bei den dreiachsigen Hüftgelenken sind auch bei den zweiachsigen Kniegelenken zugunsten der aufrechten Körperhaltung eine ganze Reihe von Bremsvorrichtungen angebracht. Diese bestehen jedoch nur aus starken Bändern, welche die Gelenke so schienen, daß sie letztere bei aufrechtem Stand allein feststellen können. Ist aber bei ungünstiger Lage des Schwerpunktes Muskelkraft nötig, so stehen neben den eingelenkigen Muskeln noch genügend zweigelenkige zur Verfügung, die mit ihren sehnigen Abschnitten an den Gelenken vorbeiziehen und sie in ihren Bewegungen einschränken. In diesem Sinne ist auch die Fascia lata so angelegt, daß sie über zwei Gelenke vom Hüftkamm entlang der Außenseite des Oberschenkels bis zum Unterschenkel verläuft und so das gestreckte Kniegelenk feststellt.

Unter Zunahme der Sicherung der Beingelenke von proximal nach distal sind schließlich die oberen Sprunggelenke nur noch einachsig, sog. Scharniergelenke, wobei die knorpelüberzogenen Walzen der Sprungbeine tief in der Gabel von Schien- und Wadenbein gebettet und dazu noch durch kräftige Bänder und die vorbeiziehenden Sehnen der Unterschenkelmuskeln gesichert sind. So lassen sich die Füße aus der Senkrechtebene nur etwa 30° strecken und 20° beugen.

Als Sohlengänger stellte der Mensch seinen Fuß in die Hauptbewegungsrichtung ein, was eine dauernde rechtwinklige Abwicklung seiner Achse und eine hochgradige Spezialisierung des Fußes zur Folge hatte. Nach Verlust der Greif- und Stemmfähigkeit der Affenfüße mußte sich der menschliche Fuß in einen Stand- und Schreitfuß umbauen. Während Gorillas und Schimpansen noch heute auf den Außenkanten der beweglichen Greiffüße laufen, hat sich mit der Zweifüßigkeit ein in allen Richtungen federnd versteiftes Gewölbe ausgebildet. Im Bereich der Fußwurzeln ist der menschliche Fuß hoch aufgestellt und im Abschnitt der Mittelfußknochen quer zur Längsachse und zugleich längs gewölbt (Abb. 9). Das Hauptgewicht liegt auf dem am stärksten ausgebildeten ersten Fußstrahl, was nur beim Menschen der Fall ist. Die Großzehe verliert ihre Greiffähigkeit, legt sich den übrigen Zehen an und unterstützt so das Abrollen des Fußes vom Boden.

Welche Kräfte sichern das Fußgewölbe so, daß es die Last des menschlichen Körpers unvermindert zu tragen vermag? Die Erhaltung seines Gewölbes verdankt der Fuß nach Weinert seiner Verwringung. Dabei ist der Rückfuß in Auswärtsdrehung (Supination) und der Vorfuß in Einwärtsdrehung (Pronation) um den Mittelfuß verwunden und erzeugt so im Scheitel des Gewölbes, im Sprungbein, die festeste Stelle des ganzen Fußes.

Nach Goerttler bilden Sprung- und Fersenbein dabei zwei übereinanderliegende Stockwerke, wobei die zwei äußeren Fußstrahlen zum Fersenbein, die drei inneren jene überkreuzend zum Sprungbein verlaufen. Auf diese Weise bildet sich ein hohes muschelförmiges, medial geöffnetes Fußgewölbe, das sich seitlich abflacht.

Bei der Ausgestaltung des Fußes spielt die Gewölbekonstruktion im tech-

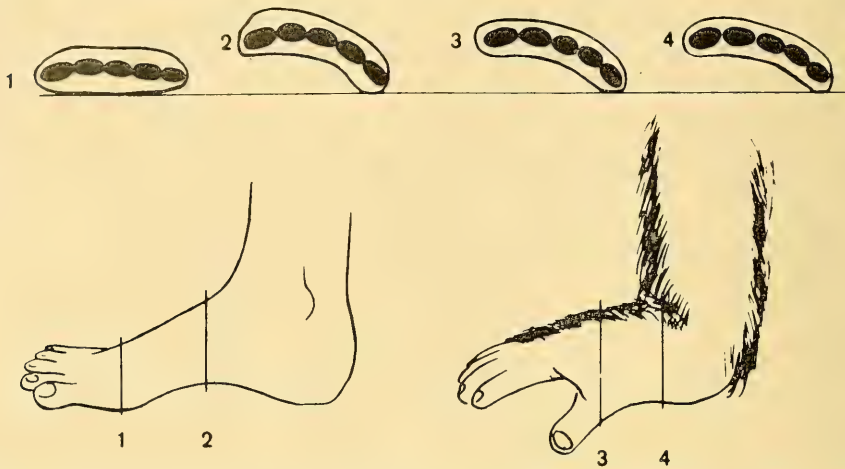


Abb. 9: Vergleich eines menschlichen Fußes mit einem Gorillafuß. Links: rechter menschlicher Fuß mit Längs- und Quergewölbe; vergl. die Querschnitte durch die distalen (1) und proximalen (2) Enden der Metatarsalia. Rechts: rechter Fuß eines Gorillas mit Quergewölbe (Supinationsstellung); vgl. die Querschnitte durch die distalen (3) und proximalen (4) Enden der Metatarsalia (n. A n k e l).

nischen Sinne nur eine sehr untergeordnete Rolle. Ein solches Gewölbe würde sich nur bei festliegenden Fußpunkten und entsprechenden Formen der Knochen von selbst tragen. Beim menschlichen Fußgewölbe zeigt aber nur das Sprungbein als Schlußstein die nötige Keilform. Es sind deshalb starke Bänder auf der Bodenseite des Gewölbes angebracht, die die einzelnen Knochen vielseitig miteinander verklammern, um den waagerechten Schub zu verhindern. So ist beispielsweise gerade das Sprungbein als Schlußstein des Gewölbes durch sehr kräftige Bändermassen an seiner Unterseite mit dem Fersenbein verbunden. Die über die äußersten Ränder des Gewölbes wie die Sehne eines Bogens gespannte Plantaraponeurose verhütet ein zu starkes Durchbiegen und Abflachen des Gewölbes. Zu dieser passiven Sicherung des Gewölbes kommen aber noch die aktiv wirkenden kurzen und langen Muskelgruppen, die den Gewölberaum ausfüllen und die notwendige Verspannung ausführen. So haben die langen Zehenbeuger zusätzlich noch eine das Längs- und Quergewölbe spannende und das Quergewölbe entlastende Aufgabe. Auch die Beugung der Großzehe würde allein nicht die mächtige Ausbildung dieses Muskels begreiflich machen.

Außerdem erfüllt der Verlauf der sehnigen Ausläufer langer vorderer Unterschenkelmuskeln in einer Knochenrinne an der Innenseite des Sprungbeins die sehr wichtige Aufgabe, daß das Fersenbein unter der Körperlast nicht nach innen umknicken kann. Eine weitere zusätzliche aktive Sicherung erhält das Fußgewölbe aber noch dadurch, daß sich unter ihm die langen, sehnigen Ausläufer vorderer und seitlicher Unterschenkelmuskeln steigbügelartig miteinander verbinden. Die Auspolsterung des Fußgewölberaumes mit entsprechenden Fettmassen, die im Sinne eines Wasser-

kissens wirkt, sorgt dafür, daß bei Belastung des Fußes der Druck auf größere Fläche verteilt wird.

Was die Zehen anbetrifft, so haben sie trotz ihres unscheinbaren Aussehens wichtige Aufgaben zu erfüllen. Sie dienen nicht nur als eine Art von „Strebepfeilern“ zum Abbremsen der nach vorne drängenden Schubkräfte des Fußgewölbes, sondern sie können sich durch eine kräftige Spannung der langen Zehenbeuger fest gegen die Unterlage einkrallen und so der Unterstützungsfläche des Fußes ein weiteres Stück, das sog. „Zehenstück“ vorne ansetzen.

Nach Mollier „tritt zwar die Bewegung der Zehe im Vergleich zur Hand zurück, dafür sind aber die Zehen durch die Aufgabe, die Unterstützungsfläche des Körpers zu vergrößern und zu verkleinern und dieser Fläche eine verschiedene, sich stets neu anzupassende Form zu geben, von größter Bedeutung beim Gehen“. Diese Vergrößerungsmöglichkeit der Fußfläche hat nicht nur für den Fuß größere Bedeutung, sie wirkt sich auf die Statik des ganzen Körpers aus, denn die Vorneigungsmöglichkeit des gestreckten Körpers bei fest dem Boden angepreßten Zehen ist dadurch wesentlich größer. Der Mensch würde ohne diese Möglichkeit der Vorverlagerung der Tragfläche viel schneller hinfallen und jeder einzelne Schritt würde ein anderes Ausmaß haben. Aus einer einfachen verkürzten Abrollbewegung über die Zehengrundgelenke hinaus wird eine verlängerte und federnde Abrollbewegung über die Zehenenden. Sie macht so im wesentlichen den schönen weichen und doch federnden Schritt aus. Fehlen die Zehen, so kommt ein staksiger Gang mit kurzen Schritten zustande. Wohl aus diesen statischen Gründen heraus ist die Beugung der Zehen die bevorzugte Bewegung.

Um seine Aufgaben zu erfüllen, einmal die Körperlast zu tragen, zum anderen dem aufrechten Gang zu dienen, besitzt der gewaltige Muskelapparat der Beine ein erhebliches Gewicht. Es sei nur erinnert an die kräftige Wadenmuskulatur, welche den aufrechten Stand sichert und die nur der Mensch besitzt, sowie an den mächtigen *Musculus quadriceps* des Oberschenkels, der bei der Vorwärtsbewegung den nach vorne fallenden Körper mit dem Spielbein auffängt und wieder in die Höhe stemmt. Dem gegenüber ist der Skelettapparat der Beine unter Einsparung von Gewicht durch eine äußerst findig ausgerichtete Spongiosaarchitektur als ein ideal funktioneller Leichtbau, der auf Zug-, Druck- und Biegebbeanspruchung eingestellt ist, sehr stabil gebaut. Nach Nachtigall „steht das Spongiosasystem in jedem einzelnen Knochen nicht für sich. Die Bälkchenzüge enden vielmehr in den Gelenkregionen der Einzelknochen auf solche Weise, daß sie im Ganzen betrachtet, durch das gesamte Beinskelett zu laufen scheinen, vom Schenkelkopf bis in die proximalen Zehenknochen (Abb. 10). Funktionell bilden sie über Knochengrenzen hinweg im ganzen Beinskelett ein einheitliches trajektoriell stabiles Stabwerk, das in Richtung der Hauptspannungstrajektorien des Beines zieht. Jeder Beinknochen für sich stellt einen Leichtbau dar, aber auch das Beinskelett als Gesamtheit einer Reihe von Einzelelementen ist ein vorzüglicher, morphologisch heterogener, funktionell homogener Leichtbau“.

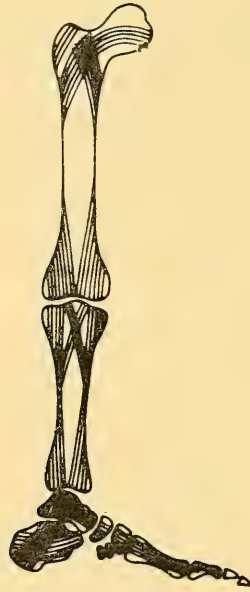


Abb. 10: Scheinbar durchlaufende Trajektoienzüge im Beinskelett und Gewölbe-
konstruktion der Trajektorenzüge im Fußgelenk (n. N a c h t i g a l l).

Bei einem Vergleich der ausgewogenen Fortbewegung eines Vierfüßlers mit der eleganten Gangart des Menschen scheint diese bei oberflächlicher Betrachtung ebenfalls erstaunlich einfach zu verlaufen. In Wirklichkeit stellt aber das menschliche Schreiten einen überaus schwierigen akrobatischen Balancevorgang dar, bei dem die unteren Gliedmaßen sich pausenlos abwechselnd als Stand- und Spielbeine betätigen.

Im Augenblick, in dem sich der Körper senkrecht hält, bewegt er sich mit seinem Schwerpunkt über das Standbein, indem sich das Becken leicht wie auf einem Zapfen dreht. Gleichzeitig rollt die Fußsohle vom Boden bis zur federnden großen Zehe ab, wodurch sie den Körper nach vorne verlagert. Zur selben Zeit schwingt jedoch bereits das Spielbein nach vorne durch, um mit aufgesetzter Ferse den Sturz aufzufangen und mit durchgedrücktem Knie und aufgerichtetem Hüftgelenk den Körper wieder in die senkrechte Stellung hochzustemmen, so daß das Wechselspiel der Beine von neuem beginnen kann. In der Bewegungsfolge eines Schrittes ruhen beide Füße zusammen nur in einem Viertel dieser Zeit auf dem Boden.

Dieser Balanceakt des menschlichen Körpers stellt bei jedem Schritt eine an das Wunderbare grenzende Fülle gleichzeitiger und unterschiedlichster Muskularbeiten dar, die sich in der jeweiligen Phase des Stand- und Spielbeins zwischen Spannung und Entspannung von der Großzehe bis zum Oberkörper unter Leitung eines übergeordneten Nervenapparates in genauester Zusammenarbeit von Muskeln, Sehnen, Bändern, Knochen und Gelenken vollziehen. Sehr drastisch und treffend äußert sich N a p i e r über den menschlichen Gang: „Ohne eine auf Bruchteile von Sekunden genaue zeitliche Abstimmung aller Körperbewegungen würde der Mensch auf die Nase fallen. Mit jedem Schritt bewegt er sich am Rande der Katastrophe“.

Vorteile der aufrechten Körperhaltung

Welches waren nun die Vorteile, die sich dem sich aufrichtenden Vormenschen durch Anpassung der unteren Körperhälfte an die senkrechte Bauweise des übrigen Körpers boten?

Die während einer Million Jahre langen Anlaufzeit mit Hakenhandgang und zeitweiliger Aufrichtung des Körpers vorbereiteten Sinnesgreifhände hatten am Ende des Pliozäns mit der endgültigen Aufrichtung des Körpers die beste Verteidigungsstellung für die Vormenschen erzwungen. Von jetzt an konnten die Vormenschen trotz ihrer körperlichen Unterlegenheit in der Verteidigung mit aufgegebenen künstlichen Nahwaffen ihre Überlebensaussichten im Kampf ums Dasein wesentlich verbessern. Durch Vergrößerung des Verkehrsraums ihrer langen Greifbaggerarme war die Handhabung ihrer Waffen schwungvoller, wuchtiger und zielsicherer geworden. Dazu kam der große Vorteil einer besseren Ausnutzung ihres Sehvermögens. Jetzt erhielten die menschlichen Wesen in aufrechter Stellung mit erhobenem Kopf einen Überblick über weite Geländeflächen. Nach Wood können „Augen, die sich 60 cm über dem Boden befinden im ebenen Gelände ohne Sichtbehinderung 3,2 km entfernte Objekte ausmachen und in 150 cm Höhe noch weitere 1,5 m dazu sehen.“ Dazu besitzen menschliche Wesen von ihrem Baumleben her nach vorne gerichtete Augen mit räumlicher Wahrnehmung, die zusätzlich durch das Farbsehen im Erkennen von Einzelheiten noch verstärkt wird. Dem gegenüber sind die meisten Tiere farbenblind und vielen fehlt auch die Fähigkeit, feine Einzelheiten zu unterscheiden. So kann nach Wood „ein menschlicher Jäger die Gegend von seinen Füßen bis zum Horizont in ein paar Sekunden überblicken, indem er nacheinander eine Reihe verschiedener Bilder auswählt und scharf ins Auge faßt“.

Als größter Vorteil der durch die Sinnesgreifhände in einem Rückkopplungsmechanismus erkämpften aufrechten Körperhaltung erwies sich die Arbeitsteilung der vorderen und hinteren Gliedmaßen. Jetzt erst konnte sich die von der Fortbewegung endgültig befreite Hand dank ihrer Doppelleistung nämlich einem hochwertigen Tastvermögen (einem Sinnesorgan vergleichbar) und einer auf 25 Gelenken und 58 verschiedenen Bewegungen beruhenden Manipulierfähigkeit zu einem Universalapparat mit einer Vielseitigkeit vervollkommen, wie es ihn kein zweites Mal gibt.

Bedeutet so schon die Hände allein ein Wunderwerk, so kommt ihr ganzer Wert aber erst in der Anfertigung von Werkzeugen zur Geltung, mit denen sie ihrerseits wieder Geräte („produzierte Produktionsmittel“) gestalten. In der weiteren Menschwerdung war damit die Grundlage zur Kultur vorbereitet und in ihrem Besitz konnte der Homo sapiens dann die Alleinherrschaft über die Erde antreten.

Mit unseren Vorstellungen übereinstimmend hat sich Huizinga über den ersten und ursprünglichsten Zug, der alle Kulturen stempelt, einmal sehr treffend geäußert: „Kultur bedeutet ein Beherrschen von Natur. Kul-

tur liegt vor von dem Augenblick an, wo der Mensch erfahren hat, wie die Hand, bewaffnet mit dem rohen Steinbeil, Dinge vermag, die ohne dieses außerhalb seines Bereichs lägen. Er hat sich ein Stück Natur dienstbar gemacht. Er beherrscht die Natur, die feindliche und die schenkende. Er hat Geräte erworben, er ist „homo faber“ geworden. Er gebraucht diese Kräfte zum Erwerben, für ein Lebensbedürfnis, zum Verfertigen eines Werkzeugs, zum Schutz seiner selbst und der Seinen, zur Vernichtung von Jagdtier, Raubtier oder Feind. Fortan verändert er den Lauf des Naturlebens, denn all die Wirkungen, die sein Werkzeug zustande gebracht hat, wäre ohne diese Macht nicht eingetreten“.

Waren jetzt die Sinnesgreifhände bei allen ihren Hantierungen vollkommen selbständig, so hatten sie zugleich in einem Rückkoppelungsmechanismus nach Anpassung der langen kräftigen Beinsäulen mit durchdrückbaren Knien auf federnden Fußgewölben an den aufrechten Körperbau mit seiner ausgewogenen Statik eine Gangart erzwungen, wie sie nur der Mensch in solcher Zweckmäßigkeit und Vollkommenheit erreicht hat. Auch Wood spricht von einer „praktischen Art der Fortbewegung, die ihm kein Tier nachmachen kann“. Zudem kann das normale, für den Menschen so kennzeichnende und ausdauernde Schreiten jederzeit nach Lage und Bedürfnis durch Laufen, Klettern, Schwimmen und Tauchen ersetzt werden.

Bei all diesen Fortbewegungsarten sind aber immer noch die Arme, sei es aktiv beim Klettern oder Schwimmen, sei es passiv zur Sicherung des Körpergleichgewichtes durch Gegenpendeln, mit im Spiel. So bleiben die Arme daher auch lang. Sie reichen beim aufrechten Stand bis zur Mitte des Oberschenkels. Durch das Gegenpendeln beim Gehen dienen sie dazu, Drehbewegungen des Körpers, die durch das Abstoßen und Aufsetzen der Füße hervorgerufen werden, möglichst aufzuheben. Beim Gehen werden die Ellbogengelenke mehr oder minder gestreckt gehalten und die Arme als lange Pendel benützt, während beim Laufen die Armpendel durch Beugung der Ellbogengelenke entsprechend den schnelleren Schwingungen der Beine verkürzt werden. Der Arm eilt beim Pendeln immer um ein Geringes dem gegenseitigen Bein voraus. Beim langsamen Aufwärtsgehen schwingen die Arme oft gar nicht mit, während beim Abwärtsgehen sie hohe Ausschläge machen oder sogar doppelt so schnell pendeln, wie die Beine sich bewegen. Im modernen Wintersport (Slalom, Eisschnell- und Eiskunstlauf) spielen weite Schwünge der Arme eine entscheidende ausgleichende Rolle. Der Verlust eines oder beider Arme beeinträchtigen das Körpergleichgewicht besonders beim Laufen. Das Pendeln ist deshalb so verwickelt, weil es sich um ein Doppelpendel (Ober- und Unterarm) handelt, das durch tonisch gespannte Muskeln beeinflusst wird.

Ausgerüstet mit einem vollendeten Manipulationsvermögen und einer Vielheit von Fortbewegungsarten stand jetzt dem werdenden Menschen die Welt offen und kein noch so fernes Land war für ihn unerreichbar. Weder Urwälder noch Wüsten, weder hohe Gebirge noch Flußläufe oder Meeresarme bedeuteten für ihn unüberwindliche Hindernisse. Aber noch ein weiterer Vorteil der aufrechten Körperhaltung gewährte dem Ur- und Früh-

menschen bei seiner kontinentalen Ausbreitung eine unersetzliche Hilfe. Seine kräftigen gestreckten Beine tragen nicht nur das eigene Körpergewicht, sondern zusätzlich kann er schwerste Lasten tragen, die er mit seinen langen Greifbaggerarmen auf Kopf und Schultern legt und dort festhält. Nach Wood kann er „pro Pfund seines Körpergewichtes schwerere Lasten tragen als ein Esel“. Die etwas spöttische Bezeichnung des Menschen als „zweibeiniges Kamel“ dürfte ihm daher zustehen.

Nur so versteht man die rasche Ausbreitung des Frühmenschen über die Erde, die bereits im ersten Drittel des Pleistozäns, wie Fossilfunde berichten, außer in Afrika auch in Europa und Asien erfolgte. Neben alltäglichen Gebrauchsgütern führte der Frühmensch als Jäger und Sammler seine ganze Behausung in Gestalt einer Zeltausrüstung aus Fell mit sich und konnte damit sogar Klimaschwankungen Trotz bieten. Einen Beweis als Beispiel hierfür bieten uns die viel späteren eiszeitlichen Rentierjäger, die sich auf ihren Jagdzügen mit dem Jahresrhythmus vom Süden Europas bis in den hohen Norden an die Eisgrenze bewegten, um ihren Beutetieren auf den Fersen zu bleiben. Diese späteiszeitlichen Jäger waren allerdings schon Cromagnon-Menschen, also hochentwickelte *Homo sapiens*-Vertreter. Ihre Beweglichkeit war entsprechend den jahreszeitlichen Wildfolgewarderungen sehr groß. Der Cromagnon-Mensch erschien nach Fester vor 50 000—40 000 Jahren in Europa, Asien, Amerika und Australien fast gleichzeitig und löste den reviertreuen und somit weniger beweglichen Neandertaler ab, der bald darauf verschwand. Nordamerika wurde mindestens bereits 30 000 v. Chr. erreicht und zwar eher über die nordatlantische Eisrandbrücke als über die Beringstraße.

Nach Martin hat er nach Erreichen Nordamerikas nur rd. 1000 Jahre gebraucht, um bis Feuerland vorzudringen. Martin errechnete diese Zahl aufgrund einer erwarteten urtümlichen Bevölkerungsexplosion, der die Ausrottung eines bedeutenden Teiles der Großtiere zuzuschreiben ist. Tatsächlich hat man mit Hilfe der Radiokarbon-Datierung nachweisen können, daß Großtiere, wie Mammut, Mastodon, Kamel, Pferd, kurze Zeit nach dem Auftreten des Eiszeitjägers ausstarben.

Einen Schönheitsfehler brachte jedoch die Umwandlung der horizontalen Bauweise der Vierbeiner in die Senkrechte des Menschen mit sich, und zwar in der Verlagerung des Körperschwerpunktes! Der Schwerpunkt unseres Körpers liegt nämlich nicht in der durch die Oberschenkelköpfe laufenden Drehachse sondern einige Zentimeter darüber. Dadurch befinden wir uns ständig bei aufrechtem Stand in einem unsicheren Gleichgewicht. Dieser Schwerpunkt hat stets die Neigung, unter die Drehachse zu fallen, um sich in eine sichere Lage zu begeben. Um dies zu verhüten, wurde ein mächtiger Muskel, der *Musculus gluteus maximus* ausgebildet, der vom Rücken über das Becken, sich hier anheftend, an die Hinterseite der Oberschenkelknochen führt, um das Nachvornefallen zu verhindern. Die Rückkehr in die ehemalige Vierbeinerstellung wäre leicht gewesen, weil aus ihr die Aufrichtung erfolgte, und in der Tat hat nur der Mensch ein Gesäß.

Die gesamte Umgebung der Drehachse wurde also nur deshalb stark be-

tont, weil wir uns aufrichteten und so aufgerichtet ununterbrochen die Lage des Schwerpunktes überwachen müssen. Dieser Umstand sollte sich jedoch bei der Entwicklung des Gehirns bezahlt machen. Ähnlich dem Entwicklungsdruck der Sinnesgreifhände im Sinne einer Rückkoppelung hat die Notwendigkeit pausenloser genauer Haltungs- und Bewegungsinformationen und -reaktionen einen starken Druck auf die Entfaltung des Gehirns ausgeübt, als dessen sichtbares Zeichen sich der Fuß in ihm entsprechend groß vertreten findet.

Ramapithecus und *Australopithecus*

Wann die Aufrichtung der Vormenschen aus dem Hakenhandgang vollendet war, wissen wir nicht genau, sie dürfte aber in die Zeit von Mitte bis Ende des Pliozäns fallen. Der Aufenthalt in den afrikanischen Urwäldern war kein brauchbarer Ort für die Menschwerdung. Nur die unerbittlichen Forderungen ihres neuen Lebensraumes in der offenen Savanne zwangen die Frühhominiden zur Handhabung aufgelesener künstlicher Nahwaffen. Ausschließlich der Doppelfunktion ihrer Hände an langen Greifbaggerarmen, die sie von ihrem Baumleben her mitbrachten, verdankten sie es, auf dem Boden im Besitz solcher Waffen ihren Kampf um das Dasein überhaupt bestanden zu haben.

An verschiedenen Orten Afrikas und auch Indiens wurden Zähne und Kieferreste von Hominoiden aus dem Pliozänanfang geborgen, die als erste Hinweise in Richtung auf den Menschen enthalten und deren Träger den Namen *Kenyapithecus* und aus einem etwas späteren Zeitraum den Namen *Ramapithecus* erhielten. Vielleicht waren diese bereits im Begriff, die Zweifüßigkeit anzustreben. Dann folgte ein langer Zeitraum von Millionen Jahren, aus dem Knochenfunde fehlen. Erst Ende des Pliozäns häufen sich in Ost- und Südafrika Fossilfunde derart, daß wir geradezu schlagartig entscheidende Aufschlüsse über den Entwicklungsgrad der Hominoiden erhielten. Aus den zahlreichen Fossilfunden konnten eindeutig Beweise erbracht werden, daß sich Ende des Pliozäns die Hominoiden in aufrechtgehende und jagende Räuber gewandelt hatten.

Am Ende des Pliozäns hatte sich unter Auffächerung aus den Hominoiden eine deutlich erkennbare abgegrenzte Gruppe herausgebildet, die heute nach langen, noch nicht abgeschlossenen Auseinandersetzungen der Forscher unter dem Sammelnamen Australopithecinen oder Südaffen zusammengefaßt werden. Sie überdauerten etwa 2 bis 2½ Millionen Jahre und reichten noch bis ins Pleistozän hinein. Sie waren noch Tiere, Raubaffen, deren Schädelkapazität im Durchschnitt kaum die eines Gorillas überstieg. Allen gemeinsam war die freie Beweglichkeit ihrer Arme und der aufrechte Gang mit durchgedrückten Knien auf federnden Fußgewölben.

Während dieses verhältnismäßig großen zeitlichen und räumlichen Abschnittes stellten sich bei ihnen unter dem Druck der Umwelt, zumal sich ein neuer Klimaumschwung mit den beginnenden feuchteren und kühleren

Pleistozän anbahnte, evolutionäre Veränderungen ein, die zu Abarten mit besonderen Spezialisierungen führten, wobei manche unterschiedliche Gruppen, wie Fossilfunde beweisen, gleichzeitig miteinander vorkamen. So lebte vor etwa 1 bis 1½ Millionen Jahren der kleine und zierliche *Australopithecus africanus* mit einer zwar aufrechten aber leicht wiegenden Gangart zusammen mit dem kräftigen, etwas größeren *Australopithecus robustus*, dessen Beinknochen darauf hindeuten, daß seine Haltung noch nicht vollkommen aufgerichtet war. Der *A. africanus* war zwar ein Allesfresser, aber der Fleischverzehr spielte die Hauptrolle. Der *A. robustus* dagegen war Pflanzenfresser geblieben. Sein Schädel war massiver und sein Kiefer mit gewaltigen Zähnen stärker als beim *A. africanus*. Die Männchen besaßen sogar einen Scheitelkamm zur Anheftung kräftiger Kaumuskeln. *A. robustus* dürfte einen ausgestorbenen Zweig der menschlichen Entwicklungslinie dargestellt haben.

Als seinen letzten und wichtigsten Fund entdeckte L. Leakey 1960 in der Oldowaischlucht Fossilreste eines Vormenschen, der vor 1,9 bis 1,6 Millionen Jahren lebte und den Namen *Homo habilis* erhielt. Dieser *Homo habilis*, etwa von der Größe des *A. africanus*, war ebenfalls ein Allesfresser. Er fiel aus dem Rahmen der übrigen Australopithecinen heraus, weil sein Hirnschädel höher und sein Hinterkopf stärker ausgewölbt war. Seine Schädelkapazität wurde mit 680 cm³ berechnet und übertraf deutlich die der anderen Südaffen mit etwa 500 cm³ und darüber. Die Fragen um den *Homo habilis* sind bisher noch nicht ganz geklärt. Nach neueren Untersuchungen wird er als ein weiterentwickelter Australopithecine geführt und als *Australopithecus habilis* bezeichnet. Bisher galt er als Übergangsform zu den Affenmenschen (*Homo erectus*).

Bei Abschluß unserer Arbeit wurde das Problem um den *A. habilis* der Zeitbestimmung und Eingliederung in die Vormenschenlinie von neuem durch einen sensationellen Fund eines vormenschlichen Schädels und Oberschenkelknochens durch Leakeys Sohn Richard in Kenia am Rudolfsee bereichert. Auf einem Paläontologen-Symposium im November 1972 in London stellte R. Leakey seinen Fund vor und bezeichnete ihn als den ersten Menschen, der vor 2,6 Millionen Jahren lebte. Nach seiner Ansicht scheidet der *Australopithecus* als direkter Vorfahre des *Homo sapiens* aus. Er sagt weiter, daß gegenüber dem *Australopithecus* mit seinen starken Augenwülsten und seinem kleinen Schädel der neue Fund keine Augenwülste, wohl aber eine relativ hohe Stirn zeige und dem *Homo sapiens* viel ähnlicher sei. Vor allem spräche auch die Schädelform und das große Gehirnvolumen von 800 cm³ für die enge Verwandtschaft mit dem *Homo sapiens*. Auch die dabei gefundenen Hüftknochen seien von denen des heutigen Menschen nicht zu unterscheiden.

Leakeys Ansichten werden von vielen Fachleuten noch nicht geteilt. Sie vermuten, daß es sich doch nur um ein innerhalb der Variationsbreite des *Australopithecus* liegendes Individuum handelt. Auch Weiner steht auf dem Standpunkt, daß die obere Grenze der gesamten Australopithecinengruppe aus statistischen Gründen bei 800 cm³ zu suchen sei. Wenn

auch heute im Einzelnen die Frage über die Eingliederung der verschiedenen Untergruppen der Südaffen in die Stammeslinie noch nicht vollständig geklärt ist, so steht fest, daß mit Erreichen der Zweifüßigkeit in körperlicher Hinsicht bereits, wenn auch noch in entsprechender Kleinheit, die menschliche Gestalt in allen Einzelheiten, mit Ausnahme der Greifhände und des Großhirns, erreicht war. Aus dem reichen Fossilmaterial der Australopithecinen in Ost- und Südafrika liegen genügend überzeugende Beweise vor, die keinen Zweifel mehr aufkommen lassen.

Fassen wir die wichtigsten Punkte der Menschwerdung noch einmal zusammen: Am menschenähnlichsten war nach Verkleinerung der Eckzähne das Gebiß mit seinem parabolischen Zahnbogen, dazu kam die Wölbung des Gaumens und der Verlust der als „Affenwulst“ auf der Innenseite des Unterkiefers bekannten Verdickung. Es konnten mit den Kiefern sogar Mahlbewegungen ausgeführt werden, was bei den Menschenaffen nicht möglich ist.

Durch Verschiebung des Hinterhauptloches nach vorne, fast bis zur Mitte der Schädelbasis, wurde der Kopf aufrecht getragen. Entsprechend der während der Hangelzeit erworbenen senkrechten Bauweise des Oberkörpers hatte sich jetzt auch die untere Körperhälfte einschließlich der Wirbelsäule dieser Bauweise angepaßt. Funde von Beckenresten zeigen ein breites Hüftbein wie beim Menschen, an das nicht nur die Sitzmuskulatur sondern auch Teile der Rücken- und Bauchmuskeln ansetzen, letztere, um bei aufrechter Körperhaltung den Eingeweiden festen Halt zu bieten.

Das Studium der Beinfossilien erweist lange und gerade Röhrenknochen, an den Füßen Längs- und Quergewölbe, sowie Großzehen, die nur in der senkrechten Ebene bewegt werden konnten, damit wie beim Menschen beim Auftreten mit der ganzen Sohle die Füße federnd und von Erschütterungen gedämpft, abgerollt werden konnten. Die Arme waren, vom Hangelleben geprägt, lange Greifbaggerarme geblieben.

Einer besonderen Betrachtung aber bedürfen noch die Hände. Wie bereits im Vorhergehenden gesagt wurde, hatten die Fingerbeeren, wie aus den Fossilien von Endgliedern hervorgeht, seit der Hangelzeit die endgültige menschliche Form bereits erreicht.

Dagegen dürfte das Manipulationsvermögen der Südaffen noch im wesentlichen mit dem Stand von Menschenaffenhänden gleichgewesen sein, denn genügend Befunde an Finger-, Mittelhand- und Handwurzelknochen bestätigen, daß zu jener Zeit noch „Primitivhände“ vorhanden gewesen sein müssen. So führt N a p i e r an: „Obwohl es eine kleinere Hand war, zeigt die relative Länge der Metacarpalia und Phalangen an, daß die Proportion zur Handfläche dieselbe war, wie beim Menschen. In der ausgeprägten Krümmung der Phalangen und Metacarpalia besteht aber eine Ähnlichkeit zum Gorilla. Ähnlich dem Daumen des Gorillas war er beim Südaffen in einem kleineren Winkel angesetzt als beim Menschen und war auch kürzer als dessen Daumen. Immerhin ragte er aber etwas über das Grundgelenk des Zeigefingers hinaus. Auch die Artikulation zwischen Daumen und Zeigefinger ist ebenfalls gorilloid und schließlich gleicht von den Handwurzel-

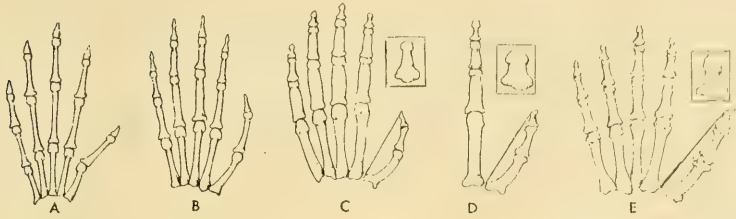


Abb. 11: Handskelett der Primaten (n. N a p i e r), a Koboldmaki, b Kapuzineraffe, c Gorilla, d Australopithecine, e rezenter Mensch. Bei Australopithecus noch gorilloide Züge (aus W e i n e r).

knochen das Capitatum zwar dem Menschen, hat aber gewisse affenähnliche Züge“ (Abb. 11).

Ein Gegenüberstellen des Daumens zu den anderen Fingern dürfte daher bei den Australopithecinen gar nicht möglich gewesen sein. Sie konnten zwar den Daumen abwinkeln und auch fest an den Zeigefinger anpressen, was ihnen zu einem festen Zugreifen verhalf, aber eine nur für Grobgriffe geeignete Hand kann sich mit der Genauigkeit der menschlichen Handtätigkeit nicht messen.

Nach N a p i e r „würde aber die Greifkraft allein schon genügt haben durch eine Stein-an-Stein-Technik aus Geröll Werkzeuge oder einfache Handäxte herzustellen“. Diese „Primitivhände“ der Australopithecinen dürften sich, um es hier bereits vorauszunehmen, in der Weiterentwicklung, wie aus den groben Geräteformen abzulesen ist, noch beim *Homo erectus* bis in das jüngere Acheuléen erhalten haben. Erst der Spätmensch muß mit der Gegenüberstellbarkeit des Daumens das Manipulationsvermögen der Hände des heutigen Menschen erworben haben, denn von da an konnte er Fernwaffen und Geräte in den vielseitigsten Formen herstellen.

Die ersten Waffen und Geräte des Vormenschen

Hier erhebt sich jetzt die Frage, welches waren denn überhaupt die ersten Waffen, deren sich die aus dem „Hakenhandgang“ aufrichtenden Vormenschen bedienen konnten, um sich erfolgreich wehren zu können? Zunächst muß man wohl als Ersatz für fehlende natürliche Waffen, wie Krallen, muskelbepackte Pranken, Raubtiergebisse usw. an hölzerne, mit den Sinnesgreifhänden geführte Nahwaffen denken, denn schwerlich konnte es im Anfang ein in der Hand gehaltener Stein gewesen sein. Er würde die Hand nur binden und einen stärkeren Angreifer kaum abwehren oder gar erledigen. Jeder in der Selbstverteidigung geübte Kämpfer weiß, daß eine geübte freie Hand durch Kantenschlag, geballte Faust oder dolchartig vorgestreckte Finger eine viel gefährlichere und tödliche Waffe sein kann als ein plumper Stein in der Hand. Selbst mit einem Fäustel kann man kaum eine Ziege erschlagen. Dagegen dürften Bruchstücke von Ästen und Zweigen, zu Knüppeln oder Keulen hergerichtet, bei den langen Armen der Praehominiden

ihre ersten Waffen bedeutet haben, mit denen sie über den Verkehrsraum ihrer langen Arme hinaus sich Feinde vom Leibe halten oder töten konnten. Als ehemalige Hanger waren sie mit Ästen vertraut, die ihnen während ihres Millionen Jahre langen Baumlebens gleichsam in die Hand gewachsen waren. Eine Vorstellung, wie geschickt und treffsicher sie wohl bereits damals damit umgehen konnten, beweisen Beobachtungen Kortlands an wildlebenden Savannenschimpansen, „die mit etwa zwei Meter langen Stöcken, die sie von den Bäumen brachen, fürchterlich und zielsicher auf ihren Todfeind, den Leoparden, einschlugen und dabei, wie Filmaufnahmen zeigen, eine Auftreffgeschwindigkeit von etwa 90 km/Std. erreichten“ (Abb. 12).

Erst in zweiter Linie dürften die Hominoiden Steine zu Werkzeugen und Geräten benutzt haben. Ein einfacher Geröllstein war zunächst ihr „Taschenmesser“, um Nüsse zu knacken, Knochen aufzuschlagen und harte Pflanzenteile zu zerquetschen. Zersplitterte Steine oder abgeschlagene Stücke mit scharfen Spitzen oder Kanten konnten bereits bestimmten Zwecken dienen, wie etwa dem Zerteilen von Fleisch und dem Abkratzen von Weichteilen aus Fellen. So verwandte nach Dart bereits der *A. africanus*



Abb. 12: Schimpansin führt gezielten und wuchtigen Schlag gegen Leopardenattrappe (n. Kortland).

natürliche Gegenstände systematisch als Werkzeuge. Fossilfunde aus Makapansgat waren begleitet von typischen Arbeitsgeräten der sog. Knochen-Horn-Zahnkultur. Auch L. Leakey entdeckte zusammen mit Fossilfunden des *A. habilis* typisch angeschlagene Geröllsteine, die er als Oldoway-Industrie bezeichnete. Sie dürften wohl die ersten echten Werkzeuge der Vormenschen darstellen.

Die Ernährung des Vormenschen

Verbunden mit der Erlangung der Zweifüßigkeit der Hominoiden verlief gleichzeitig auch die Umstellung ihrer Ernährung. Das reichliche Angebot kohlehydratreicher Nahrung aus ihrer ehemaligen üppigen Urwaldzeit verringerte sich allmählich mit der Änderung des Klimas zu einer Trockenzeit. während der *A. robustus* Pflanzenfresser blieb und ausstarb, entwickelten sich die übrigen Australopithecinen zu Räubern, die vornehmlich von Fleischnahrung lebten. Sie wurden Jäger und Sammler, wie es unter den Primaten nur der angehende Mensch in diesem Maße erreichte. Ihre Fleischnahrung ergänzten sie durch Aufschlagen von Markknochen.

Während des langdauernden Pliozäns hatte sich die Lebensweise der Vormenschen und ihre Verteidigung mit Nahwaffen kaum verändert, es sei denn, daß man gegen Ende dieser Zeit die systematische Benutzung aufgesessener brauchbarer Knochen (Oberschenkelbein u. a.) als Fortschritt ansehen will. Schlagmarken, die man an Schädeln der Australopithecinen feststellen konnte, beweisen, daß sie von eigenen Oberschenkelgelenkköpfen herrühren. Offenbar ging bereits früh bei ihnen das Verhalten, Artgenossen zu schonen, verloren. Anders sind die an den Schädeln beobachteten Verletzungen nicht zu erklären. Die kämpferischen Auseinandersetzungen richteten sich wohl nur gegen Sippenfremde, jedoch nicht gegen Sippenangehörige. Kannibalismus scheint daher gang und gäbe gewesen zu sein. Von allen Primaten ist nur der Mensch Kannibale, was sich bis zu den Mammutjägern von Krapina, ja bis zu den heute noch auf dem Stand von Steinzeitmenschen lebenden Kopfjägern Neuguineas feststellen läßt.

Die Hordenbildung beim Vormenschen

Einen zusätzlichen Schutz zu überleben bot den Vormenschen noch ihre Geselligkeit mit den zugehörigen Verhaltensweisen, nämlich gemeinsam in hierarchisch geordneten Verbänden zu handeln. In einer unerbittlichen Umwelt boten nur gestrafft geordnete größere Einheiten die Möglichkeit, sich für die Dauer gegenüber stärkeren Gegnern zu erhalten. Jeder Einzelgänger war sonst dem Untergang preisgegeben. „Der Sonderling, der Erneuerer, der Andersgeartete“ hatte, wie Ardrey schreibt, „keinen selektiven Überlebenswert. Und so wurde die Gesellschaft zum Instrument der Natur und half auch gleichzeitig die genetische Vielheit in Grenzen zu hal-

ten“. Ardrey vergleicht die Horden der Vormenschen mit Kriegern und schreibt: ... „Eine Nation von Kriegern, die um Überleben kämpft, kann nur einen rigorosen Gesellschaftsvertrag haben. Sie muß vom Einzelnen den Verzicht auf seine Bedürfnisse fordern, sie kann nur als Gruppe existieren. Während des ganzen Pliozäns waren die hominiden Gesellschaften winzige biologische Nationen, die um ihre Existenz kämpften und die Qualität der Gruppe, nicht die Leistung, des einzelnen Mitgliedes, waren ausschlaggebend für das Überleben“ ... So findet auch Ardrey keine bessere Erklärung, „warum die hominide Linie in einer entwicklungsgeschichtlich so langen Zeitraum nichts anderes zusammenbrachte, als zu überleben. Das Bedürfnis nach der lebenswichtigen sozialen Ordnung schloß die für die Entwicklung jeder Individualität essentielle Unordnung praktisch aus“.

Eine gewisse Vorstellung von der Lebensweise der Vormenschen geben uns Beobachtungen an heute lebenden Pavianen, die sich in baumarmen, von Raubtieren durchstreiften Savannenlandschaften halten und sich mit einer hierarchisch aufgebauten verteidigungswirksamen Marschordnung bewegen. Auch verfügen sie über ein gemeinsames Warnsystem. Das gleiche konnte auch Kortland bei wildlebenden Savannenschimpansen feststellen. Auch diese entwickelten bereits ein bestimmtes Zusammenspiel mit Umzingeln und in Reserve gehaltenen Eingreiftieren für den Notfall.

Betonen wir noch einmal, daß am Pliozänende mit Vollendung des Aufrechtgehens und dem sich daraus ergebenden Körperumbau der körperliche Rohbau des sich in den Australopithecinen anbahnenden Menschen, mit Ausnahme von Gehirn und Händen, weitgehend fertiggestellt war.

Dreimal hatten bisher die Sinnesgreifhände als Schrittmacher in die Menschwerdung entscheidend eingegriffen. Das erste Mal, als sie das Hangklettern der Menschenaffen mit Ausbildung langer, in drei Raumachsen sich bewegender Greifbaggerarme und eines gestreckten, breiten Rumpfes ermöglichten und damit den Umbau des Körpers von der horizontal ausgerichteten Bauweise der Vierbeineraffen in die senkrecht ausgerichtete der nachfolgenden Vormenschen einleiteten. Das zweite Mal, als sie die kleinen, knapp schimpansengroßen und an sich wehrlosen Vormenschen nur durch den Gebrauch künstlicher unbearbeiteter Waffen (wie Äste und Knüppel, mit denen sie, geübt durch ihr ehemaliges Baumleben, geschickt umgehen konnten) in einer gefährlichen Umwelt den Kampf ums Dasein bestehen ließen. Das dritte Mal, als sie unter Umweltdruck durch Rückkoppelung aus dem Hakenhandgang der Menschenaffen die bleibende Zweifüßigkeit der Vormenschen erzwangen und damit die Arme von der Fortbewegung befreiten. Denn erst die völlig aufrechte Körperhaltung bot ihnen so gute Bedingungen, daß sie sich durch immer wirksamere Waffen und ständig verbesserte Steingeräte für die Zukunft durchsetzen und ihre Überlebensaussichten sichern konnten.

Bis zu dieser statisch ausgewogenen senkrechten Körperaufrichtung mit wesentlich verbesserter Verteidigungsmöglichkeit waren unsere Vorfahren immer noch tierische Wesen, deren Leben überwiegend von angeborenen Verhaltensweisen bestimmt war. Das Leben der Vormenschen war hart und

gefährlich. So schreibt Lorenz: ... „Als Jäger und Fleischfresser waren sie stets von den Zufällen ihres Beuteerwerbes abhängig, fast immer hungrig und ihrer Nahrung nie sicher. Als Tropenwesen, die allmählich in gemäßigten Breiten vordrangen, müssen sie unter dem Klima schwer gelitten haben und da sie mit ihren primitiven Waffen den Großraubtieren ihrer Zeit keineswegs überlegen waren, müssen sie in einem Dauerzustand höchster Alarmbereitschaft und Angst gelebt haben. War einmal ein Großtier erlegt, so war es das Klügste, sich so voll zu fressen wie nur irgend möglich, denn dies bedeutete eine lebensnotwendige Strategie des Überlebens“ ... In einer solch mörderischen Lebenslage mit einer überlegenen Großraubtierwelt in offener tropischer Savannenlandschaft und mit erschwelter Nahrungsbeschaffung durch pausenlose Jagd nach Kleintieren dürften einer raschen Bevölkerungszunahme der Australopithecinen Grenzen gesetzt gewesen sein.

Nach Erreichen der aufrechten Körperhaltung mit durchgedrückten Knien war die Entwicklung des menschenähnlichen Körpers in statischer Hinsicht endgültig beendet. Auch die untere Körperhälfte hatte sich der senkrecht ausgerichteten Bauweise des Gesamtorganismus angepaßt. Die Wirbelsäule trug jetzt mit ihrer S-förmigen Biegung federnd den Kopf in einer waagerechten Ebene. Damit hatte die Natur zunächst ihre Aufgabe gelöst. In Rückkoppelung war durch die Sinnesgreifhände während des Pliozäns die Arbeitsteilung zwischen Arm und Bein, zwischen freien Hantieren und Gehen auf zwei Beinen erreicht worden.

Mit diesem Ergebnis hätte die Entwicklung der Praehominiden eigentlich ihr Ende finden können. Nach dieser besonderen Leistung der Körperaufrichtung hätten die Australopithecinen als Raubaffen und noch echte Tiere unter besseren körperlichen Bedingungen und unter dem Schutz von Nahwaffen weiter dahinleben können. Sie hätten aber auch nach dieser Entwicklung aussterben können, wie uns Beispiele aus der einseitigen Entwicklungsgeschichte (Saurier, Säbelzahn tiger, Riesenhirsche etc.) beweisen.

Aber gerade das Gegenteil ereignete sich bei der Menschwerdung. Hier trat als unvorhergesehener, zusätzlicher Gewinn, oder sagen wir als ein glücklicher Zufall eine entscheidende Wende ein, die sich unmittelbar aus der Zweifüßigkeit und letztlich mittelbar aus der Funktion der Sinnesgreifhände ergab. Ein bis dahin völlig brachliegendes geistiges Vermögen, von seinen Fesseln befreit und nutzbringend einbezogen, vollendete nun den letzten Akt der Menschwerdung über das Stadium des *Homo erectus* hinaus zum *Homo sapiens*.

Als wichtiges Endergebnis der erreichten aufrechten Körperhaltung der Hominiden hatte sich nämlich das Hinterhauptsloch zur Mitte der Schädelbasis verlagert, so daß der Kopf mit seiner ganzen Gewichtsmasse von oben her auf die Wirbelsäule zu lasten kam und sich in einem waagerechten Gleichgewicht ausbalancierte (Abb. 13). Damit verschwanden die dicken knöchernen Vorsprünge am Hinterhauptsknochen für den Ansatz der kräftigen Nackenmuskeln und des starken Nackenbandes, das bei den Vierbeinern zum Tragen des nach vorne herunterhängenden Kopfes diente, und schließlich

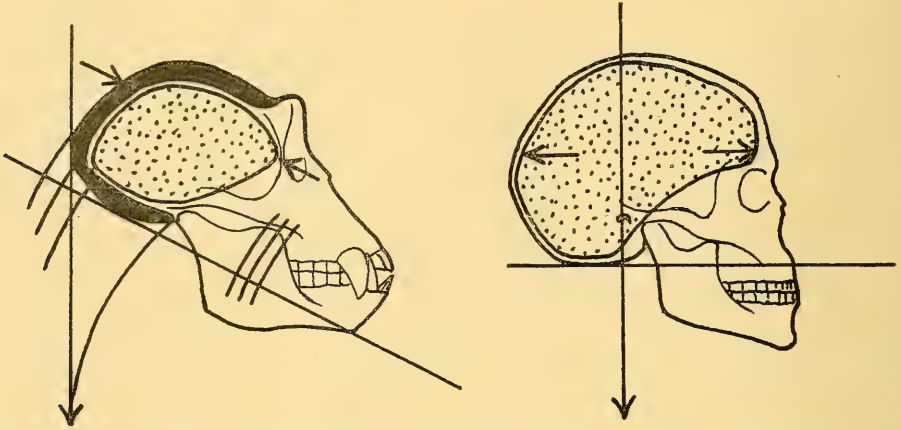


Abb. 13: Entfaltung des menschlichen Großhirns: a Schimpanse: Kopf gesenkt vor der Schwerpunktslinie, Großhirnentfaltung gebremst durch Kräfte der Nacken- und Kaumuskulatur (Kapazität des Schädels bis 800 ccm); b aufrechtgehender Hominide: Kopf horizontal ausgewogen, Schwerpunktslinie geht durch die Mitte des Schädels. Nach Wegfall der bremsenden Kräfte, explosionsartige Entfaltung des Großhirns durch Freiwerden der Wachstumspotenz, Ausdehnung der Schädelkalotte (1400 bis 1500 ccm).

auch der Widerist an der unteren Hals- und oberen Brustwirbelsäule. In diesem Zusammenhang bildete sich auch die vorspringende Schnauze mit ihren kräftigen Kaumuskeln zurück, da die frei gewordenen Hände deren Aufgabe größtenteils übernahmen. Damit veränderten sich die topographischen Verhältnisse der Gesichtspartie grundlegend. Aus dem Hintereinander von Maul, Nase- und Augenhöhlen formte sich ein stockwerkartiges Übereinander, das zu einem entscheidenden Kennzeichen für den werdenden Menschen wurde. Das Gesicht wurde flacher und ein Mienenspiel konnte sich ausbilden. Die Entwicklung frei beweglicher Lippen und eines Kinnes und ihre Auswirkung auf die Zunge waren Vorboten für bessere Lautäußerungen und einer späteren Sprache. Mit der Horizontalstellung des Kopfes hing schließlich auch die Einstellung der Sehachse mit Blickrichtung nach vorne zusammen.

Jetzt waren die Voraussetzungen für die Entfaltung des Gehirns geschaffen, nachdem die knöchernen Hindernisse am Schädel gefallen waren. Fragen wir nach den Ursachen dieser sich nun stürmisch, gemessen an den vorhergehenden langen Entwicklungszeiten fast explosionsartigen Großhirnentfaltung, so finden wir die Erklärung im Knochengewebe. Es verhält sich nämlich außerordentlich plastisch und kann durch äußere Einflüsse gezwungen werden, die verschiedensten Verformungen anzunehmen. Jeder wachsende Knochen, ja selbst der ausgewachsene, kann infolge Dauerwirkung kleiner Kräfte durch Zug, Druck oder Biegung ganz allmählich umgeformt werden und sich den neuen Kräfteverhältnissen anpassen, was uns beabsichtigte Knochenverbildungen zu kultischen Zwecken, Haltungsanomalien meist bei Kindern oder Befunde nach Knochenverletzungen zur Genüge beweisen.

Die Plastizität der Knochen und deren Verformungsbereitschaft durch äußere Einflüsse konnte auch in Versuchen nachgewiesen werden, z. B. durch Washburn der Einfluß der Kau- und Nackenmuskulatur auf die Schädelbildung. Wenn nämlich bei neugeborenen Ratten auf einer Seite Kau- und Nackenmuskeln entfernt werden, so fehlen später bei erwachsenen Tieren auf der operierten Seite die Knochenvorsprünge, die den Muskeln zum Ansatz dienen sollten, während auf der nicht operierten Seite die ursprünglichen normalen Verhältnisse erhalten bleiben. Beziehen wir diese Ergebnisse auf die Entwicklung des Schädels, so gibt die nicht operierte Seite gewissermaßen noch die Verhältnisse der Affen wider, während auf der behandelten Seite Bedingungen entstehen, die denen der heutigen Menschen entsprechen.

Bei den Menschenaffen bilden die Muskeln zum Tragen des nach vorne und unten herabhängenden Kopfes und der kräftige Kauapparat stark hemmende Widerstände für die Entfaltung des Gehirns. Erst als diese endgültig in Wegfall kamen, entfaltete sich das Gehirn für seine neuen Aufgaben. Es konnte sich im Großhirn, ähnlich einer Baskenmütze, für die hier der volkstümliche Name „Hirnsocken“ vortrefflich paßt, über das alte Stammhirn ausdehnen. Das zunehmende Gehirn in seiner Kugelform hob jetzt die Stirn und erweiterte das Schädeldach auf das menschliche Maß. Natürlich konnte die Entfaltung des Großhirns nur vor sich gehen, wenn neue Aufgaben zu erfüllen waren. Hier war es wieder wie beim Wechselspiel zwischen Armen und Beinen der vielseitige Einsatz der Sinnesgreifhände mit ihrer räumlichen Nahorientierung und dem Greifvermögen, der nach Art einer Rückkoppelung auch als positive Rückwirkung bezeichnet, die Entfaltung des Großhirns anregte. Die immer besser werdende Handfertigkeit, gefördert durch die Verlängerung des Daumens und seine zunehmende Gegenüberstellbarkeit förderte laufend die Hirnentfaltung, so daß das Großhirn die Handlungen überwachen und durch Zusammenarbeit mit anderen Hirnabschnitten wirksam ausnutzen konnte. Hand und Hirn wurden gegenseitig immer abhängiger voneinander. Jede Steigerung auf der einen Seite kam gleichermaßen der anderen zugute, so daß es nicht mehr möglich ist, die miteinander verflochtenen Anregungen jede allein für sich zu betrachten. So wurde die Herstellung immer neuer und immer nutzbringenderer Handerzeugnisse von entscheidender Bedeutung für die Menschwerdung und der angehende Mensch immer abhängiger von ihnen.

Mit der systematischen Anfertigung von Waffen und Werkzeugen setzt auch eine andere Art des Denkens ein. Während beispielsweise ein Schimpanse auch gelegentlich Waffen und Geräte benutzt, dabei aber nur auf augenblickliche Reize reagiert, konnte der werdende Mensch, angeregt durch Erinnerungsbilder, künftige Situationen vorausdenken und sich dabei vorstellen, wie er seine Handerzeugnisse dabei nutzbringend anwenden könnte. Er konnte sozusagen auf Vorrat arbeiten. In dieser Fähigkeit eines schöpferischen Denkens offenbart sich der grundlegende Unterschied zwischen Tier und Mensch.

Zur Oberflächenvergrößerung des Großhirns legte sich die graue Hirn-

rinde in Furchen und Windungen, die eine funktionelle Gliederung in streng gesonderte „Rinderfelder“ erkennen lassen.

Ein Beweis für die überragende Rolle, die die Fingerbeeren mit ihrer taktilen Gnosis durch ihre Anreize auf das Großhirn spielen, liefert uns die Ausbildung eines entsprechend großen Repräsentationszentrums im obersten Abschnitt der hinteren Zentralwindung, das sich gleichzeitig mit den davorliegenden motorischen und im weiteren Bereich angrenzenden sensorischen Rindenfeldern verbinden kann. Mit vollem Recht betont daher der Anatom von Kügelgen: ... „Die vergleichende experimentelle Neurologie kommt im Hinblick auf die Bedeutung der sensiblen und motorischen Hirnrindenfelder für die Hand zum Schluß, daß die Evolution der Hand die Evolution des Gehirnes sei“.

Um einen Begriff von den unterschiedlichen Größenverhältnissen der einzelnen Areale der sensiblen Zentralwindung zu erhalten, lassen wir besser als viele Worte, eine Trickzeichnung eines „Rindenmännchens“ nach v. D it f u r t h auf uns wirken, die die Verhältnisse der Detailkarte der Körperempfindungssphäre angibt (Abb. 14). „Eine Hand in überdimensionaler Größe verkörpert hier das hochentwickelte Tastgefühl der Hände und Finger, dem ein relativ großes Hirnareal zur Aufnahme der dorthin zuströ-



Abb. 14: Trickdarstellung des menschlichen Gefühls in seiner Repräsentation im Gehirn (aus Akut n. v. D it f u r t h).

menden Informationen entspricht, während Arm, Rumpf und Bein nur grobmaschig reizempfindlich sind und in viel kleineren Bezirken der hinteren Zentralwindung repräsentiert werden“.

Starke Anregungen erhielt die Großhirnentfaltung auch durch die Füße nach der Aufrichtung des Körpers in die Senkrechte. Die von ihnen ausgehenden Bewegungs- und Haltungsinformationen, die für das Körpergleichgewicht verantwortlich sind, werden ebenfalls in entsprechend großen Arealen der Großhirnwindungen vertreten. Dies um so notwendiger, als bei der Aufrichtung des Körpers in die Senkrechte sein Schwerpunkt ungünstig über der Drehachse zu liegen kam und somit bei senkrechter Körperhaltung ein sehr unsicheres Gleichgewicht mit der Neigung des Oberkörpers besteht, in die alte Vierbeinerhaltung zu fallen. Dazu kommt noch der Nachteil der sehr kleinen Unterstützungsfläche der Füße im Verhältnis zu dem überaus langen Hebelarm des Gesamtkörpers. Um bei aufrechter Körperhaltung ständig ein ausgleichendes Balancieren zu sichern, müssen von den Füßen pausenlos Informationen zum Gleichgewichtsareal der Großhirnrinde laufen und von dort Sicherheitsmaßnahmen gegen das Umfallen gesteuert werden. In der „Rindenmännchenzeichnung“ kommt diese Situation ebenso plastisch zum Ausdruck wie die der Handrepräsentation.

Die Hände blieben jedoch noch in anderer Hinsicht im Mittelpunkt der Menschwerdung. Sie waren es, die nicht nur den Gehirnbau als solchen beeinflussten, sondern auch noch auf andere Art die Entwicklung geistiger Fähigkeiten des werdenden Menschen auslösten. Jetzt traten die Hände, nachdem sie ihrer Aufgabe der Fortbewegung entledigt waren, in das Gesichtsfeld des Vormenschen und wurden nach Lorenz zum Auslöser, gleichsam zur Brücke für geistige Vorstellungen in dem sich entfaltenden Großhirn. Lorenz sagt: ... „Bei den Anthropoiden agiert zum ersten Mal die Hand im Gesicht des Tieres, die anderen Tiere vergewissern sich vorher, wohin sie treten oder greifen. Beim Menschenaffen fallen diese Augenblicke zusammen. Durch dieses Agieren passiert etwas Außerordentliches: Es entsteht eine andere Form der Objektivierung dadurch, daß die greifende Hand das ergriffene Ding vor Augen hat und so nähert sich die Eigenschaft des ergriffenen Dinges dem Begriff“ ...

In seiner Weiterentwicklung wurde das Gehirn, insbesondere in der Aufgliederung der grauen Rindenschicht, immer komplizierter, verwickelter und mannigfaltiger. Bei der sich bildenden ins einzelne gehenden Zuordnung und Überordnung der einzelnen Gehirnabschnitte zueinander, kommt im Bereich der kortikalen Rezeption der allgemeinen Oberflächen- und Tiefensensibilität nicht nur die bewußte Empfindung zustande, sondern in gewissen Ganglienzellen auch die Aufstapelung der ihnen zugeleiteten Erregungen, wobei wir von Erinnerungsbildern sprechen. Die Erinnerungsbilder des Muskelsinnes, die kinästhetische Zone, fällt dabei mit der motorischen Zone zusammen. Aber auch das sensible Rindenfeld deckt sich größtenteils mit dem motorischen. Den einfachen Erinnerungsbildern sind umfassende übergeordnet. So weitet sich das Erinnerungsvermögen beim Menschen

stark aus, und zwar ganz anders als beim Tier, das zwar häufig ein sehr ausgeprägtes Wiedererkennungsvermögen besitzt, aber doch mehr oder weniger in der Gegenwart lebt.

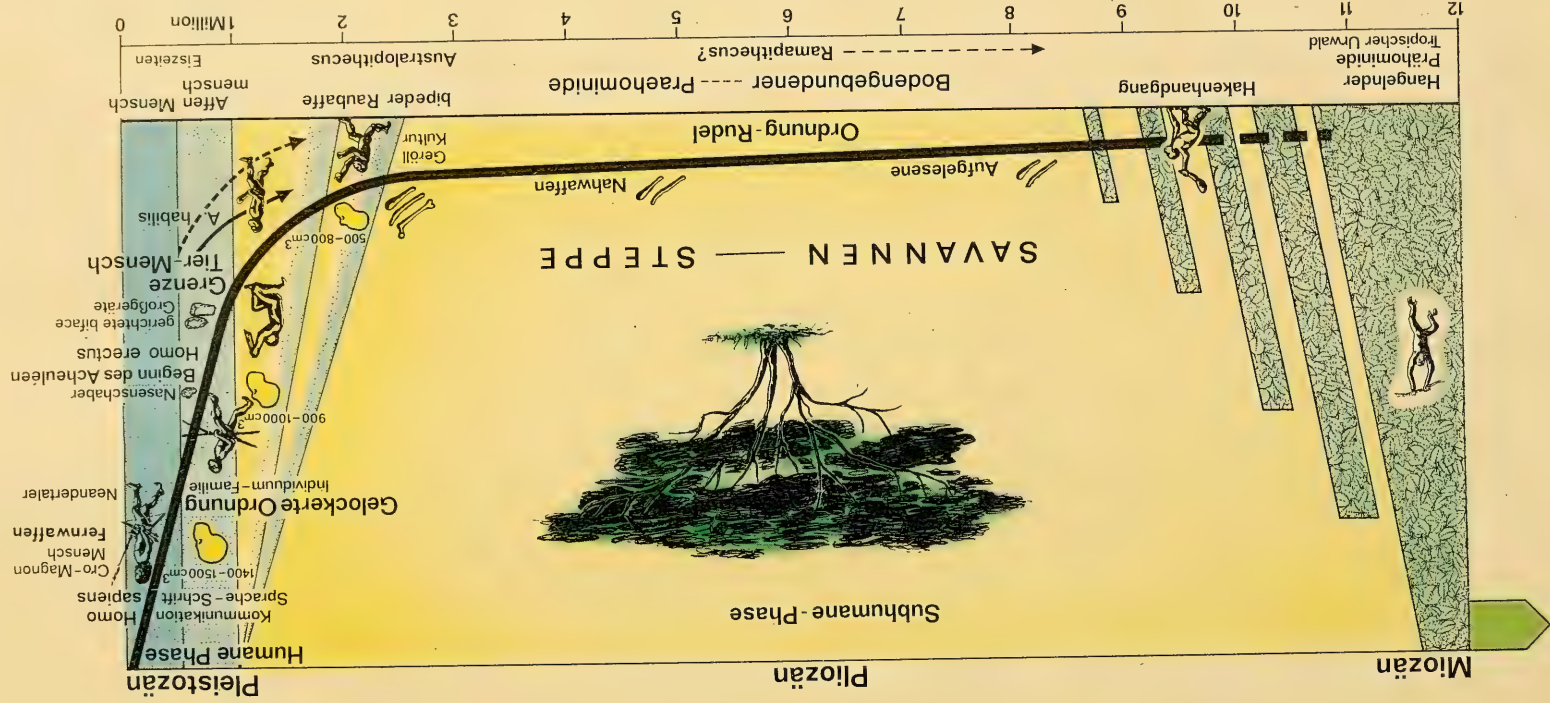
Assoziationsbahnen, die diese verschiedenen höheren Wahrnehmungszentren miteinander verbinden, erheben die Wahrnehmungen zum Begriff. So konnte sich beim Menschen schließlich, bedingt durch dieses Erinnerungsvermögen, eine Begriffssprache ausbilden, während die Affen nur bis zur Zeichensprache gelangt sind. Assoziative Verknüpfungen zwischen den verschiedenen, aus Wahrnehmungen aufgebauten Begriffen, geben endlich die Grundlage für unsere höheren geistigen Verrichtungen ab. Das sich breit ausdehnende Stirnhirn wird zum Schluß „Sammelort für die Formierung der Begriffe und deren Synthetisierung zur geistigen Persönlichkeit“ (Bing). Das ehemals rein instinktmäßige Tun und Handeln der Vornamen mit ihren angeborenen Verhaltensformen verwandelte sich mit dem Wachstum des Großhirns in bewußtes Handeln. Im übertragenen Sinne der Wörter „Begreifen und Handeln“ spiegelt sich gleichsam die Entfaltung unserer geistigen Fähigkeiten im Verhältnis zur Leistung unserer Sinnesgreifhände.

Nach diesen Ausführungen über den anatomischen Ausbau des sich entfaltenden Großhirns als Folge der Horizontalstellung des Kopfes, wobei zweimal die Sinnesgreifhände entscheidend als Schrittmacher in Erscheinung traten, kehren wir wieder zu dem Ablauf der Menschwerdung zurück.

Im Diagramm 1 ist der unterschiedliche zeitliche Ablauf der Menschwerdung mit ihrer immer schneller werdenden Entwicklung, sowie gleichzeitig die Verschiedenheit der Lebensweise von dem im Hakenhandgang sich bewegenden Hominoiden bis zum *Homo Sapiens* dargestellt. Die fast waagrecht verlaufene schwarze Linie, als Verkörperung der Menschwerdung, zeigt, wie zäh, gleichförmig und langsam die Entwicklung fortschreitet. Während fast acht Millionen Jahren einer subhumanen pliozänen Phase änderten sich die Hominoiden in ihrer Lebenshaltung fast gar nicht. Sie verteidigten sich nur mit aufgelesenen künstlichen Nahwaffen, die kaum eine Besserung erfuhren und lebten in hierarchisch geordneten Rudeln. Reine Pflanzenfresser starben aus, die Fleischfresser überlebten. Sie kannten noch kein Feuer, waren Kannibalen und keineswegs schon angehende Menschen.

Warum diese lange Zeitdauer keine nennenswerte Änderung in den Lebensformen der Hominoiden erbrachte, erklärt sich nur daraus, daß sich das Gehirn zur vollständigen Aufrichtung des Körpers in tierischen Grenzen hielt und das nackte Überleben unter dem Schutz von Nahwaffen und in strenger Gesellschaftsordnung, in der das Einzelwesen geborgen war, den Vorrang hatte. Als Raubaffen, die das Töten gelernt hatten, standen die Menschenvorfahren bis in ihre Auffächerung als Australopithecinen körperlich und geistig noch im Niveau der gleichzeitig lebenden Tierwelt.

Bei den fortgeschrittenen Australopithecinen dürften, wie der systematische Gebrauch aufgelesener natürlicher Gegenstände beweist, bereits Spuren von Denken vorhanden gewesen sein. Wenn auch ihre Hirnschädeldkapazität mit 500 bis 700 cm³, in der äußersten Variationsbreite mit 800 cm³,



angegeben wird, so entspricht sie immer noch nur der eines ausgewachsenen Gorillas.

Es wäre jedoch ungenau, wenn man aus ungefähr gleichgroßen Hirnschädelvolumina schließen würde, daß etwa ein Schimpanse und ein *Australopithecus* die gleichen Geistesgaben besessen hätten. Über den Feinbau des Gehirns lassen sich aus Gewicht und Volumen nur beschränkte Schlüsse ziehen. Wichtiger ist die innere Aufgliederung und die Zahl der Großhirnwindungen. Darüber ist uns bei den Südaffen jedoch noch nichts bekannt und reliefartige Knochenvorsprünge an der Innenwand des Hirnschädels können nur ganz grobe Anhaltspunkte geben.

Mit dem Übergang dieser Vormenschenaffen zum *Homo erectus* dürfte im Beginn des Pleistozäns die Grenze der tierischen Intelligenz überschritten worden sein.

Leider fehlen gerade für diese wichtige Entwicklungszeit Fossilfunde, doch hat die Entdeckung des bisher ältesten *Homo erectus*, des *Pithecanthropus erectus*, den sicheren Beweis erbracht, daß dieser Frühmensch Verstand besaß.

In unserem Diagramm 1 nimmt mit Beginn des Pleistozäns die schwarze Linie einen steilen Aufstieg, da sich nun infolge der Horizontalstellung des Kopfes und des Wegfalls der hemmenden Kräfte der Nacken- und Kiefern-muskulatur die Entfaltung des Großhirns auszuwirken beginnt. Wann die Schwelle Tier—Mensch überschritten wurde, ist nach bisherigen Forschungsergebnissen nur zu schätzen, dürfte aber in die Zeit zwischen dem Auftreten des *Australopithecus habilis* und *Homo erectus* fallen.

Sollten aber die Schlußfolgerungen R. Leaky's aus seinem Fossilfund eines Späthominiden im Pliozän am Rudolfsee durch weitere Funde bestätigt werden, dann müßte die Übergangsschwelle vom Tier zum Menschen um fast eine Million Jahre in das Pliozän zurückdatiert werden. In der Aufsplitterung der Hominiden im Pliozän könnte durch diese neue Entdeckung der menschliche Hauptstamm mit seiner vollendet aufgerichteten Körperhaltung, seiner erstaunlich fortgeschrittenen Schädelform und seiner beträchtlichen Schädelkapazität gefunden worden sein, der sich in seiner Weiterentwicklung, vielleicht sogar unter Umgehung des *Homo erectus* in einem gradlinigen Verlauf bis zum *Homo sapiens* (Cro-Magnon-Mensch) fortsetzte. Aus der weiteren Verzweigung der Hominiden könnte ferner eine Parallelentwicklung einer anderen Vormenschenart über den *Homo erectus* zum Neandertaler stattgefunden haben, der dann in der letzten Eiszeit ausstarb. Schließlich starben die übrigen abgezweigten Varianten, die *Australopithecinen*, die äußerlich zwar ein menschliches Aussehen hatten und aufrecht gingen, aber die menschliche Gehirnentfaltung nicht besaßen und damit Tiere geblieben waren als Seitenlinien im Anfang des Pleistozäns aus.

In dieser Betrachtung der menschlichen Entwicklung wäre vielleicht bei so unterschiedlichen körperlichen Merkmalen für das gleichzeitige Zusammenleben von Cro-magnon-Menschen und Neandertalern die Erklärung gegeben, daß beide aus einer langen getrennten Entwicklung hervorgingen.

Lassen wir nun für unsere weiteren Betrachtungen diese neuen Hypothe-

sen über die menschliche Entwicklung bis zur endgültigen Klärung aus dem Spiel und stellen wir aufgrund gesicherten Wissens fest, daß der Schädel des Affenmenschen durch die seit Beginn des Pleistozäns einsetzende stürmische Großhirnentfaltung bereits bis zur Hälfte der humanen Phase eine Kapazität von 1000 cm^3 erreichte. Manche Forscher sprechen sogar von einem explosionsartigen Verlauf. Auffallend ist nur die Tatsache, daß trotz dieser plötzlichen Gehirnvergrößerung zunächst die rein menschlichen Qualitäten noch sehr zurücktreten. Im Anfang der Entwicklung des Affenmenschen verlief das Leben weiter eintönig und konservativ, wenn auch seit der Australopithecinenzeit eine gewisse körperliche und geistige Entwicklung bemerkbar ist.

Naturgesetzlich stellt der *Homo erectus* seit etwa 700 000 Jahren einen beträchtlichen Fortschritt dar. Im Vergleich zu den Australopithecinen war er ein vorzüglicher Geher, denn er hatte lange und gerade Beine, während erstere sich zwar als gute Läufer aber weniger als gute Geher auswiesen, denn ihrer Fußstellung nach gingen sie in einer mehr watschelnden Gangart. Vielleicht besaß der Frühmensch bereits Laute zur Verständigung und eine Zeichensprache, ähnlich wie sie die heutigen Buschmänner Afrikas bei ihren Jagden benutzen. Das Feuer hatte er in Kontrolle genommen und konnte sich seiner Macht bedienen. Die Herstellung von Geröllgeräten war nun auch allgemein verbreitet. Der Frühmensch war davon bereits sehr abhängig geworden. Sie veränderten seine Lebensweise ganz allmählich. Allerdings ist von Bedeutung, daß diese Wesen damals noch keine Spezialisten in der Geräteherstellung waren, sondern jeder sein eigener Werkzeugmacher war.

Warum diese Unstimmigkeit zwischen Großhirnentfaltung und Lebensweise so lange erhalten blieb, war bisher immer noch ein Rätsel. Doch dürfte die Erklärung leichter sein, wenn wir uns bemühen, die Entwicklung von den Sinnesgreifhänden her zu verstehen. Wir müssen bedenken, daß mit der Entfaltung des Großhirns zunächst eine reine Volumenvergrößerung einsetzte, der dann erst, als dem Gehirn neue Aufgaben gestellt wurden, durch ständige Anregung die Verfeinerung der grauen Hirnrinde unter Vertiefung von Furchen und Windungen folgte.

Zu den Anregungen aus neuen Aufgaben, die dem Großhirn zuflossen, zählten beispielsweise die unaufhörlichen Kontrollen und Regelungen der Körperbalance beim aufrechten Gehen.

Aber in weit größerem Ausmaß war es die sich ständig verbessernde Leistung der Sinnesgreifhände, die hier wirksam wurde. Als hochwertige Informationsorgane mit ihrer taktilen Gnosis in den Fingerbeeren und mit zunehmender verfeinerter Beweglichkeit der Finger als Ausführungsorgane, prägten sie durch eine „positive Rückwirkung“ zwischen Hand und Hirn bestimmte Repräsentationszentren, Umschaltungsstationen, Assoziationsbahnen und den gesamten Denkapparat in der grauen Hirnrinde. Hier bedeutet in der Tat „die Evolution der Hand die Evolution des Gehirns“, oder wie Geldmacher ausführt, „die Fähigkeit“ umsichtig mit unseren Händen denken zu können. Sie führte Kant zu der in ähnlicher Weise bereits

von Aristoteles geäußerten Feststellung „Die Hand ist das äußere Gehirn des Menschen“.

Der *Homo erectus*, die ersten Anzeichen des Verstandes

Vor etwa einer halben Million Jahren trat jetzt während der eigentlichen Menschwerdung, in der sich bereits durch das sich entfaltende Großhirn Verstandestätigkeit regte, eine einschneidende Änderung in der Lebensweise der Fröhmenschen ein. Die Eintönigkeit, die das Dasein vom im Hakenhandgang sich bewegenden Vormenschen bis zum Auftreten des *Homo erectus* beherrschte, sollte jetzt endgültig ihr Ende finden. Mit Beginn des abstrakten Denkens (Entstehung von Erinnerungsbildern, Bewußtwerden der eigentlichen Handlungen, Vorausdenken, geistige Verarbeitung der Fingerfertigkeit beim Anpassen an eine bestimmte Gerätetechnik, Anlegen von Vorräten) konnte der Fröhmensch vorausgeplante Aufgaben bewältigen. Damit prägte sich allmählich seine bis dahin rein tierisch empfundene Lebensäußerung und Lebenstätigkeit in eine menschliche Bewußtseinsphäre um. Infolge der jetzt einsetzenden positiven Rückwirkung zwischen der Tätigkeit der Sinnesgreifhände und der von ihnen durch neue Aufgaben ausgelösten Anregungen für die Großhirnentfaltung und durch das Zusammenspiel zwischen „äußerem“ und „innerem“ Gehirn tritt mit dem „geistigen Begreifen“ eine ganz neue Lebensweise und ein verändertes Lebensgefühl auf. Dieser Umbruch vollzog sich, verglichen mit der so zäh und konservativ verlaufenden vormenschlichen Zeit verhältnismäßig schnell und erregend. Den Beweis liefert uns eine völlige Stiländerung der bis dahin benützten, nur angeschlagenen Geröllgeräte, die von Koenigswald Fausthaken genannt wurden. Diese wurden von jetzt an durch ringsum, wenn auch grob bearbeitete Steingeräte abgelöst, die sicher erkennbar von den zu dieser Zeit lebenden Fröhmenschen hergestellt und benützt wurden. Aus den neuen Formen und der damit veränderten Anwendungsweise läßt sich ablesen, welchem Zweck sie dienten und wie von jetzt an die ganze Lebensweise des *Homo erectus* auf eine neue Grundlage gestellt wurde, die eine bessere Bewältigung seines Daseins erbrachte.

Der Beginn des Acheuléen

In der nun anbrechenden Zeit, die heute allgemein unter Zusammenfassung verschiedener Varianten als das Acheuléen bezeichnet wird, ragen unter der neuen Geräteausstattung, die bereits auch kleinere Formen aufweist, die für die Zukunft auf die Möglichkeit besonderer Spezialisierung hinweisen, gleichsam als Leitformen zwei auffallende Geräte heraus.

Es sind die großen schweren Spalter (cleavers), die entfernt unseren Äxten ähneln, und die dazu gehörenden gewaltigen, plumpen, mandel- bis bir-

nenförmigen Fäustel, von denen Stücke bis zu einem halben Meter Länge gefunden wurden. Man hat sie in Afrika in großen Mengen entdeckt, wie z. B. in Flußbetten bei Isimila (Tansania) (Abb. 15), Oylorgesailie (Kenia) und Nsongezi (Uganda). Auch in Europa konnten aus ungestörten Fundstätten in Torralba in Spanien ähnliche Formen geborgen werden, wo sie mit Fossilien von Großtieren, darunter Altelefanten und mit Holzkohlenresten vereint lagen, so daß man diese Funde für wichtige Schlußfolgerungen auf die Lebensweise der Frühhmenschen auswerten konnte.

Auf den ersten Blick scheinen diese gewaltigen Steingeräte im Widerspruch zu den kleinen Händen der knapp 1,50 cm großen, pygmäenartigen Wesen, die sie bedienten, zu stehen. Aber eines läßt sich von vorneherein sagen, daß diese Großgeräte nur von zwei Händen geführt worden sein konnten.

Bei genauer Betrachtung der Spalter ist der Vergleich mit einer modernen Axt nur ein oberflächlicher. Sie entsprechen eher Fallbeilen mit der Wirkung einer Guillotine. Die scharf zugeschlagene breite Schneide verläuft nicht flach-bogenförmig senkrecht zur Achse, sondern mehr oder minder schräg, so daß sie gleichzeitig sich zum Stanzen und Schneiden eignet. Am gegenüberliegenden Ende, das sich seitlich verjüngt und von vorn und hinten keilförmig verbreitert, fehlen die vier scharfen Seitenkanten, sowie die Kanten der ebenen Abschlußfläche einer modernen Axt. Statt dessen ist der oberste Abschnitt des Spalters entweder halbkugelig verstumpft oder nach einer Seite halbdachförmig abgeschrägt. Die Seitenkanten des Gerätes sind durch grobe Abschlüge in ihrer ganzen Länge von beiden Seiten her dachartig zugerichtet. Auf diese Weise entsteht eine Art von First, der bis zu den beiden Enden der Schneide verläuft. In dieser Form konnten die „Handguillotinen“ kaum in einem doppelten Zangengriff gehalten worden sein. Ihre Handhabung dürfte dagegen in der Weise erfolgt sein, daß beide Daumen parallel nebeneinander auf das verstumpfte bzw. abgeschrägte Ende von oben aufgelegt wurden, während die übrigen Finger von der anderen Seite her die glatte vordere Fläche umfaßten. In dieser Haltung schmiegen sich die firstartigen Seitenkanten sehr genau in den Winkel zwischen Mittelhand und Grundglieder der Finger, wodurch Verletzungen beim Zuschla-

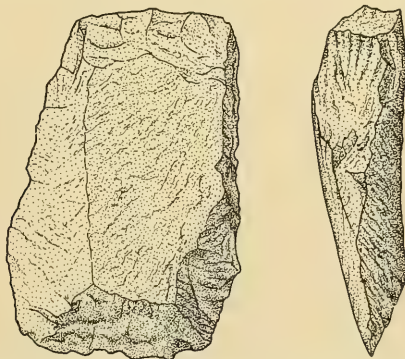


Abb. 15: Zweischneid-Spalter aus dem frühen Acheuléen aus Mylonit, Fundstelle Isimila, wurde mit beiden Händen zum Zerlegen großer Tiere verwandt.

gen ausgeschaltet waren (Abb. 16). Mit dieser idealen Handstellung an den „Handguillotinen“ konnte durch den Druck der Daumen von oben und der übrigen Finger von vorne unter bester Ausnützung des Fingerspitzengefühls ein gezielter Schlag und Schnitt zugleich zur Zerstückelung großer Tiere erreicht werden.

Die zweite Leitform der Geräte des Frühacheuléen, die allseits zugerichteten mandel- bis birnenförmigen gewaltigen Fäustel waren Universalgeräte, die ebenfalls nur mit beiden Händen bedient werden konnten.

Gegenüber den noch mehr kugelförmigen Oldowaihackmessern lag der grundlegende Fortschritt bei der Fertigung dieser neuen Geräte darin, daß von vornherein das Kernstück mehr längs-oval zugerichtet wurde. Auf diese Weise ließen sich an beiden Seiten Schneidekanten herrichten, sowie das eine Ende zum Zerstampfen breit abrunden und das andere Ende zu einer Spitzhacke formen. Außerdem konnten die geglätteten Breitseiten noch andere Aufgaben erfüllen.

Diese Allzweckgeräte dürften sich vorzüglich mit den Enden zum Aufschlagen von Knochen zur Markgewinnung, Einschlagen der Schädeldecke zur Gehirnentnahme, als Spitzhacke zum Ausgraben von Wurzeln und Knollen, mit den scharfen Längskanten zum Abziehen und Zerlegen von Wild und schließlich mit den Breitseiten zum Mürbeklopfen von Fleisch, Zerquetschen und Zerbröseln von Nußkernen, Samen und dergl. mehr gedient haben.

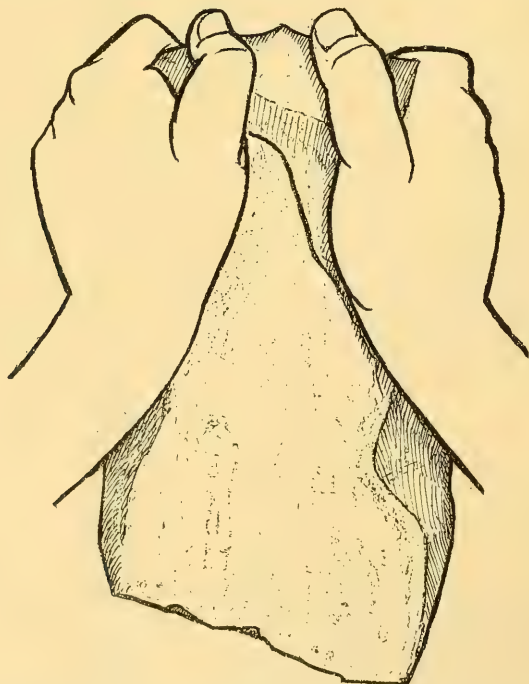


Abb. 16: Zweischneid-Spalter aus dem frühen Acheuléen mit abgestumpfter Oberkante zum Auflegen der Daumen, dachförmig angespitzte obere Seitenkante zum Einlegen in die Handbeugen, schräg verlaufende angeschärfte untere Schnittkante (25 : 12 : 5 cm).

Was für Hände waren es aber, die diese seltsamen großen und schweren „Handguillotinen“ und „Universalfäustel“ bedienten, welche so gar nicht recht in unsere heutigen Hände passen wollen? Man wird wohl kaum fehlgehen, sich vorzustellen, daß die damaligen Frühmenschen noch „Primatenhände“ besaßen. Die ihrer Größe entsprechenden kleinen „Primitivhände“ müssen die Hominiden, die sie vorher als Hangler aus Zweckmäßigkeitsgründen erworben hatten, während der ganzen vormenschlichen Zeit des Pliozäns, ja sogar die Frühmenschen noch während der ersten Hälfte des Pleistozäns beibehalten haben. Dies bedeutete für sie ja keine wesentlichen Nachteile, denn wie K o r t l a n d an freilebenden Schimpansen gezeigt hat, können diese Tiere mit angelegten Daumen Stöcke halten und sehr kräftig und zielsicher auf ihre Todfeinde, die Leoparden, einschlagen.

Welches waren aber die Ursachen, die den *Homo erectus* zu dieser umwälzenden Wende der Gerätetechnik geführt haben? Mit zunehmendem Verstand hatten sich nämlich inzwischen bei den Frühmenschen ganz andere Jagdgepflogenheiten und auch eine andere Ernährungsweise eingestellt. Da sie bereits das Feuer kannten, konnten sie Fleischstücke braten, was ihrer Verdauung dienlicher war, und auch Vorratsmengen anlegen. Sie waren jetzt nicht mehr darauf angewiesen, pausenlos tagaus tagein als fast reine Fleischesser durch Kleintiere ihren Eiweißbedarf zu decken, sozusagen von der Hand in den Mund zu leben. Dank ihrer Intelligenz wagten sie sich jetzt an Großtiere bis zum Elefanten heran. Durch diese Umstellung auf derartig große Beutestücke konnten sie ihre Nahrung viel wirksamer beschaffen und dadurch mehr Zeit für sich selbst und ihre kulturellen Bedürfnisse finden. Durch Brandfackeln und Rauchschwaden trieben sie das Großwild in Fanggruben oder Moorlachen, oder jagten es in Abgründe. Mit ihren Spaltern zerlegten sie die Beute an Ort und Stelle und brieten und verspeisten das Fleisch auf ihren nahegelegenen Wohnplätzen. Einen sicheren Beleg hierfür liefern uns z. B. die Ergebnisse einer Ausgrabungsstätte aus der Zeit vor 300 000 Jahren im Ambronal in Zentralspanien, die von H o w e l l geleitet wird.

Mit fortschreitender Entwicklung der Frühmenschen mischten sich zu den Großgeräten des Acheuléen sog. Schaber, die an einer Spitze oder einer Seitenkante eines verarbeitenden Steines zapfenförmige Vorsprünge aufweisen und die von R u s t als Nasenschaber oder Querschaber bezeichnet wurden. R u s t hat solche Gebilde im Gebiet des *Homo heidelbergensis* und auch an anderen Stellen gefunden und er schreibt darüber: ... „Wir haben derartige altertümlich wirkende und vom konventionellen Typenschema abweichende Artefakte unter der Bezeichnung ‚Heidelberger Kultur‘ zusammengefaßt. Als Hauptformen zeichnen sich die ‚Nasen und Querschaber‘ ab. Diese mit nur kurzen Arbeitskanten versehenen Werkzeuge sind an den Greifpartien in immer regelmäßiger Anordnung mit verstumpften Kerben versehen. Die verstumpften Kerben sind ein artifizieller Bestimmungsfaktor erster Ordnung! Diese Werkzeuge sind der Hand durch Zurichtung individuell angepaßt worden. Sie können am besten bei spinnenbeinartiger Spreizung der Finger im ‚Primitiv- oder Spreizgriff‘ gefaßt werden (Abb. 17).

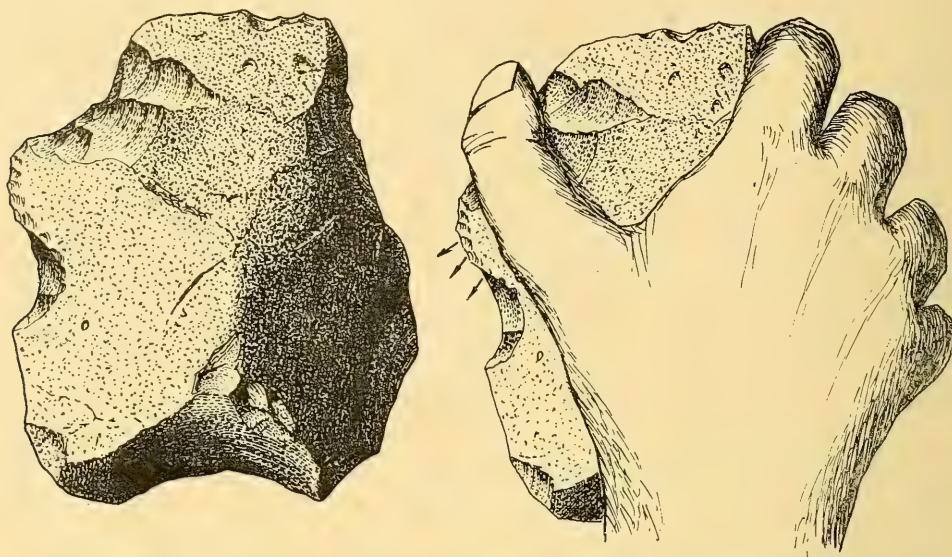


Abb. 17: „Nasenstein“ eines Frühmenschen aus dem Acheuléen mit Zugriff durch Primitivhand (n. R u s t).

Oftmals wenden Kleinkinder noch heute diesen Griff an“. Damit dürfte R u s t noch einmal dargelegt haben, daß noch zu jener Zeit Steingeräte mit „Primitivhänden“ bedient wurden. Die muldenartigen, angeschärften Steinkanten könnten wohl zum Entrinden, Glätten und Anspitzen von Ästen benutzt worden sein.

Es war eben jene Zeit angebrochen, in der die Affenhand den opponierbaren Daumen ausbildete. Gerade der Umgang mit Rundhölzern war ideal dazu geeignet den Daumen den übrigen Fingern gegenüberzustellen. Mit der Bearbeitung von Ästen zu Keulen, Stoßlanzen oder dergleichen, wozu sich die Nasenschaber vorzüglich gebrauchen ließen, und durch die Hantierungen an Rundhölzern, dürften die äffischen Primitivhände des *Homo erectus* endgültig verschwunden sein. Der Grob- und Spreizgriff der Hände, ergänzt durch den Feingriff, vollendete die Sinnesgreifhände mit ihrer taktilen Gnosis der Fingerbeeren und ihrer vielseitigen Fingerfertigkeit endgültig zu jenem „Handwunder“, wie es nur der Mensch besitzt. Erst aus dem sinnvollen Zusammenspiel der Beweglichkeit der Finger mit dem gegenüberstellbaren Daumen und dem Fingerspitzengefühl konnten die für die menschliche Hand typischen, von zur Verth aufgestellten Greifformen funktionell ausgenutzt werden. Diese Greifformen als Grob-, Fein-, Schlüssel- oder Drehgriff, auf denen die hervorragende Leistung der Sinnesgreifhände aufgebaut ist, wirken aber nur dann sinnvoll, wenn Gefühl und Bewegung stets übereinstimmend arbeiten und der Hand funktionelle Einheit geben.

Das fortgeschrittene Acheuléen

Das Acheuléen mit seiner groben Steinindustrie reichte von rund 700 000 bis etwa 75 000 Jahre vor unserer Zeitrechnung. Der *Homo erectus* konnte bis vor etwa 300 000 Jahren nachgewiesen werden. Seine Großhirn-entwicklung war aber schon so weit fortgeschritten, daß die Frühmenschen mit ihren klassischen Vertretern, dem *Pithecanthropus erectus*, dem *Sinanthropus pekinensis* und dem Heidelberger Menschen im Besitz geistiger Fähigkeiten waren und sich bereits die allerersten Anzeichen von Kultur fanden. Sie hausten in Höhlen. Brandspuren beweisen, daß sie das Feuer kannten. Steingeräte für deutlichen Gebrauch konnten aus ihren Nachlässen geborgen werden.

Aber mit 300 000 Jahren bricht der Nachweis von Fossilfunden des *Homo erectus* ab. Wir sind für einen Zeitabschnitt von rund 200 000 Jahren fast nur auf Artefaktfunde angewiesen. Nur zwei berühmte Schädelfossilien aus der Zeit vor etwa 250 000 Jahren, der Mensch von Swanscombe aus England und der Steinheimmensch aus Deutschland, deren geologisches Alter sorgfältig errechnet wurde, beweisen uns die rasch fortschreitende Entfaltung des Großhirns. Ihre Hirnschädelkapazitäten werden mit 1100 cm³ angegeben. Auffällig ist bei diesen Schädelfunden die Tatsache, daß sich das Hinterhaupt dieser Altmenschen schneller entwickelte als der Gesichtsschädel. So nähern sich ihre Hinterköpfe bereits denen des *Homo sapiens*, während der Gesichtsschädel des Steinheimmenschen sich mit seiner flachen Stirn und den starken Überaugenwülsten nur wenig vom *Homo erectus* unterscheidet.

Erst gegen Ende der langen Acheuléenepoche werden die Steinerzeugnisse feiner und vielfältiger an Spezialformen, was dann rasch zum Höhepunkt der Steinzeitkultur vom Moustérien bis zum Magdalénien führte.

Bereits beim Übergang zur mittleren Altsteinzeit war inzwischen eine andere Menschenform in Erscheinung getreten, der Neandertaler. Mit ihm war die letzte Vorstufe des *Homo sapiens* erreicht. Jene Menschen, die damals auf den Plan traten, mußten bereits die geistigen Fähigkeiten besitzen, mit Voraussicht die richtigen schlagbaren Rohsteine auszusuchen und bei ihrem Anblick sich das zu schaffende Gerät vorzustellen, um es dann mit ihren jetzt vollendeten Sinnesgreifhänden in der gewünschten Form zu fertigen und auf Vorrat zu legen.

Spuren des Neandertalers finden sich rings um das Mittelmeer, in Europa, Asien und Nordafrika, in der Zeit von 150 000 Jahren bis vor etwa 35 000 Jahren. Eine letzte Nachricht durch Gadschijew meldet sein Vorkommen in Aserbeidschan vor 250 000 Jahren. Man nimmt an, daß es sich bei dem Neandertaler um einen Seitenast der menschlichen Entwicklung handelte, der am Ende der Würmeiszeit ausstarb. Noch zu seinen Lebzeiten wurde er vom Cromagnon-Menschen, der aus dem Osten nach Europa einsickerte, abgelöst und dessen Kultur von rund 35 000 Jahren bis etwa 10 000

Jahren dauerte. Beide Menschenformen besaßen bereits eine Hirnschädelskapazität von 1300 bis 1400 cm³.

Fragen wir uns nach den Ursachen der langen Acheuléenzeit mit ihrer groben Abschlagstechnik, so kann die Antwort nur lauten, daß der *Homo erectus* im Anfang dieser Zeit noch Primitivhände besessen haben muß, die beim Abklingen des Acheuléen sich ganz allmählich in die heutigen menschlichen Hände mit verlängertem und gegenüberstellbarem Daumen verwandelten. Erst mit Ergänzung des Grobgriffes durch den Feingriff (und Drehgriff) vollendete sich gegen Ende des Acheuléens das Wunderwerk der Sinnesgreifhände. Damit waren auch die Voraussetzungen einer beschleunigten Entwicklung der menschlichen Kultur zu einem Höhepunkt in der späten Altsteinzeit geschaffen. So standen denn auch in der Endphase der menschlichen Entwicklung die Sinnesgreifhände als Schrittmacher im Mittelpunkt des Wechselspiels zwischen der sich vervollkommenden Handfertigkeit und dem durch anregende positive Rückwirkung sich entfaltenden Großhirn mit seinen geistigen Funktionen.

Die Steinschlagtechnik des Abbevillien mit Absprengung größerer Steinkanten von der Oberfläche des Rohstücks mittels grober Steinbrocken und später kleinerer Steinkanten durch Knochen- und Hornhämmer wurde in dem jüngsten Abschnitt der Altsteinzeit durch neue Verfahren der „Drucktechnik“ mit Abpressen feiner Steinsplitter mittels spitzer Werkzeuge erweitert. Von jetzt an waren mit Hilfe des Fein- und Drehgriffes die Steinerzeugnisse durch kleinere Retuschen an den Schnitt- und Arbeitskanten wesentlich vielseitiger, formgerechter und schärfer.

Vergleichen wir nochmals die Steinerzeugnisse des Frühmenschen aus dem Abbevillien mit der vollendeten Steinzeitkultur des Cromagnon-Menschen, so konnten nach Solecki die Leistungen des *Homo erectus* je Pfund Steinmaterial etwa 5 bis 20 cm Schnittkante, beim Neandertaler bereits die fünffache Menge und schließlich mit der vollendeten Technik der langen und dünnen Klingen des Cromagnon-Menschen sogar 12 Meter Schnittkante herausarbeiten. Gleichzeitig waren bei den rohbehauenen Steinerzeugnissen des Frühmenschen etwa 25 Schläge in einem Arbeitsgang erforderlich, während für die vollendeten Steinwerkzeuge im oberen Paläolithicum mit seiner komplizierten Technik bis zu 9 Arbeitsgänge und etwa 250 Schläge bzw. Abdrücke notwendig waren. Durch eine erhebliche Ersparung des Steinmaterials waren die Cromagnon-Menschen zur Herstellung ihrer Steingeräte auch nicht mehr an das bodenständige Vorkommen von Steinmaterial gebunden, sondern konnten Feuersteinknollen zur Weiterbearbeitung mit sich führen.

Als Jäger und Sammler waren die Neandertaler während der Eiszeit noch immer mit dem kosmischen Geschehen innig verbunden und ihm unmittelbar ausgesetzt. Während gleichzeitig die Tiere alle kosmischen Einflüsse passiv über sich ergehen lassen mußten, lernten die Spätmenschen aber Dank der Ausreifung ihrer Sinnesgreifhände und mit zunehmendem Verstand Unbilden und Wechselfälle des Naturgeschehens bewußt zu trotzen und zu überwinden. Angewiesen und eingestellt auf hochwertige Eiweiß-

nahrung, die der *Homo erectus* seit Beginn der humanen Phase des Pleistozäns aus der Beute seiner Großtiertreibjagden bezog, mußte sich der Neandertaler, wenn er dem sich abkühlenden Klima nicht ausweichen wollte, den veränderten Umweltverhältnissen und den neuen Verhaltensformen der Großtiere mit ihren kontinentalen Wanderungen bis in die weiten Ebenen am Rande des Eises, wo sie sich in großen Mengen versammelten, anpassen.

Dies war den Eiszeitmenschen aber nur möglich, wenn sie Dank ihrer Fingerfertigkeit und ihres Fingerspitzengefühls, insbesondere seit Erwerb des Feingriffes durch Erfindung neuer Spezialformen wie Kratzer, Bohrer, Nadeln usw. aus Flint, Knochen und Horn Fellbekleidung zum Schutz vor Kälte herstellen konnten. Gleichzeitig mußten sie, um ihren Jagdgepflogenheiten treu bleiben zu können, ihren Beutetieren (Mammut, Ren, Hirsch usw.) auf den Fersen folgen und transportable Behausungen aus Fell mit sich führen, die in den fast baumlosen Tundren Höhlen und schützende Wälder ersetzten und in denen sie außer der Nahrungszubereitung die notwendige Wärme finden konnten. Ihre, in einer Rückkoppelung durch die Greifhand während des Pliozäns erzwungene Zweibeinigkeit erlaubte ihnen mit ihren kräftigen federnden Schreitbeinen lange Wanderungen durchzuführen und dabei auch auf Schultern und Kopf schwerste Lasten zu tragen. Hierzu kam mit dem raschen Fortschreiten der Menschwerdung auch noch ein bewußtes kalendarisches Zeitempfinden, das sich seit Urzeiten durch Beobachtung gesetzmäßiger kosmischer Naturverhältnisse (Tag und Nacht, Sommer und Winter, Sonnenwenden, Mondphasen, Ebbe und Flut) eingestellt hatte, so daß sie den Zeitpunkt ihres Jagdaufbruches vorausbestimmen und notwendige Planungen für die Jagdausrüstung vorbereiten konnten.

Hatten nun die Menschen der Mittelsteinzeit nach Vollendung ihrer Sinnesgreifhände durch die Oppositionsstellung der Daumen dank ihrer Kulturerzeugnisse materiell und geistig eine viel höhere Lebensstufe als der *Homo erectus* erreicht, so steht dieser Fortschritt doch ganz im Schatten eines gleichzeitig sich vollziehenden Ereignisses von so überragender Bedeutung, daß die Stellung des Menschen gegenüber allen Lebewesen noch in anderer Hinsicht umstürzend beeinflußt werden sollte.

Von jetzt an tauchen in den Hinterlassenschaften des Neandertalers als auffallende Neuheiten in großen Mengen sorgfältig hergestellte Pfeil- und Lanzenspitzen auf. Dies ist ein untrüglicher Beweis dafür, daß während der Eiszeiten ganz neue Waffen in Anwendung kamen und zwar Fernwaffen als die künftigen Hauptwaffen. Daß auch bereits die Frühhmenschen durch Verbindung von Holz, Knochen und bearbeitetem Feuerstein immer bessere Nahwaffen, wie Keulen mit eingefügten Steinsplittern, Hämmer, Beile und mit Griff versehene Messer und Dolche herstellten, dürfte wohl außer Zweifel stehen. Auch daß von den Frühhmenschen wahlweise Stein- oder Keulenwürfe zur Verteidigung und zum Angriff angewendet wurden, läßt diese Geräte aber noch nicht in die Gruppe der Fernwaffen einordnen.

Mit den neuen Fernwaffen (Bola, Bumerang, Schleuder, insbesondere

Wurfspeer, Pfeil und Bogen), die den Tod auf Entfernung ohne Gefahr für den Jäger brachten, wurde etwas ganz Neues in die damalige Lebewelt eingeführt. Mit der Erfindung und systematischen Anwendung der Fernwaffen, die nur dem zuletzt erworbenen Feingriff der Sinnesgreifhände zu verdanken war, brach für den Menschen eine ganz neue Zeit an. Jetzt stand er nicht mehr auf der gleichen Stufe mit der Tierwelt wie der Vormensch, sondern er erhob sich im Besitz der Fernwaffe über alle anderen Lebewesen. Von nun an beherrschte er als passionierter Jäger seine Umwelt und konnte sein Leben und seine Bedürfnisse nach eigenem Willen gestalten. Jetzt konnte er, ohne dabei sein Leben aufs Spiel zu setzen, sogar allein auf Jagd gehen. Wie *Ardrey* sich ausdrückt „brauchten sie einander nicht mehr, weder für den Erfolg, wenn sie auf Jagd gingen, noch als Schutz, wenn sie gejagt wurden“. Die Horde mit ihrer strengen Ordnung war nicht mehr unersetzlich, sie wandelte sich. Die Zeit der Aufgliederung in kleinere Verbände, Sippen, Familien und Einzelwesen hatte begonnen. Von jetzt an stand die Familie, wie sie für uns ein Begriff ist, im Mittelpunkt der Gesellschaftsordnung. In der Horde waren die weiblichen Wesen Allgemeingut für den Stärksten gewesen, jetzt hingegen konnte der Mensch Frau und Kinder unabhängig von einer Horde erhalten. Von nun an entwickelte sich, auch wenn diese Wesen zwar noch in größeren lockeren Gruppen zusammenlebten, eine völlig neue gesellschaftliche Verhaltensform mit Aufteilung in einzelne Arbeitsgebiete. Jetzt konnte nach *Ardrey* „die natürliche Auslese die Vielfalt und soziale Gruppen mit einer Struktur der Unordnung begünstigen. Mittelmaß und Konformität waren nicht mehr die obersten Tugenden“. *Ardrey* geht sogar soweit zu behaupten, „daß erst mit Erfindung von Pfeil und Bogen das Individuum von der strengen sozialen Ordnung der kooperativen Jagdbande befreit wurde.“ In der Menschheitsgeschichte habe erst die Fernwaffe, deren Bedeutung er mit der Erfindung von Atomwaffen für den Menschen von heute vergleicht, die Entstehung des Individuums ermöglicht. Das uralte Gefängnis der Konformität wurde gesprengt. Mit der Schaffung eines neuen Gesellschaftsvertrages war die Menschheit bereit zum großen Aufbruch.

Dieser Anschauung *Ardreys* stimmen wir nur bedingt zu. Seiner Erklärung, daß nur die Herstellung von Pfeil und Bogen als alleinige Ursache diese gesellschaftliche Umstellung ermöglichte, pflichten wir nicht bei. Nicht die Erfindung von Pfeil und Bogen brachte den gesellschaftlichen Umsturz, sondern die weitere Vervollkommnung der Sinnesgreifhände mit ihren Anreizen auf das Großhirn, wodurch sich Hand und Hirn als „äußeres und inneres Gehirn“ zu einer Einheit verbanden, die den Fortschritt in der Menschwerdung brachten. Die Zeit war reif für die Erfindung von Fernwaffen. Die Anwendung von Fernwaffen im allgemeinen fußt auf bestimmten Voraussetzungen, die erst ganz allmählich erarbeitet werden mußten. Die Erfindung und Handhabung jeder Fernwaffe ist ein sehr umfassender Vorgang, der einen erheblichen geistigen und körperlichen Aufwand voraussetzte. Im Mittelpunkt steht immer wieder die Sinnesgreifhand in ihrem Zusammenspiel mit der Großhirntätigkeit. Durch die Gegenüberstellung

der Daumen hatten die Sinnesgreifhände mit dem Feingriff das endgültige menschliche Maß erreicht.

Greifen wir zur Betrachtung einer Fernwaffenführung beispielsweise einen jagenden Bogenschützen heraus, so stellt schon der erste Akt des Jagdvorhabens, das Wild auszumachen, eine auf Erfahrung aufgebaute geistige Aufgabe dar, um im zweiten Akt aus einem gesicherten Hinterhalt den Pfeilschuß anzubringen. Mit Erfassung der jeweiligen Situation ergreift die eine Hand mittels des Grobgriffes den Bogen und spannt in einem Feingriff zwischen dem hakenförmig gebogenen Zeige- und Mittelfinger die Sehne, wobei das Pfeilende zwischen beiden zu liegen kommt. Beim Spannen der Sehne wird mit dem räumlichen Gefühl der Fingerbeeren der ganze Körper bis zum Fuß in den Schußvorgang miteinbezogen und die Schubkraft der Arm- und Schultermuskeln durch das feine Fingerspitzengefühl, unter Einbeziehung des stereoskopischen Sehens und der Tiefensensibilität so genau abgewogen, daß der Pfeil auch sicher ins Ziel trifft (Abb. 18). Besser als viele Worte zeigt uns diesen verwickelten Vorgang die klassische unüber treffliche Darstellung eines Bogenschützen im Augenblick der stärksten Bogenspannung aus der Zeit der ostspanischen Levantekunst in der Valltortaschlucht in Spanien. Körper, Pfeil und Bogen sind förmlich zu einer Einheit verschmolzen. Die übertrieben kräftig gezeichneten gebogenen Beine verkrallen sich wie Bagger in den Erdboden, durch Breitstand wird der Schwerpunkt des Körpers bodenwärts verlagert und der lange, keilförmige, sich nach unten verjüngende Oberkörper sitzt wie eine gespannte Feder auf dem Becken auf. Arm und Schulter in verstärkter Darstellung deuten die Schubkraft im Augenblick des Abschusses an. Z o t z sagte darüber: „Es stellt nicht nur einen Bogenschützen dar, sondern es ist der Schuß katexochen“.

Später gesellte sich noch als Jagdgebrauch die Verwendung von Pfeilgift hinzu, die Einzeljägern und kleinen Gruppen das Erlegen von Großwild erleichterte. Auf spanischen Felsmalereien wurde die Zeichnung eines Beu-



Abb. 18: Berühmter Bogenschütze aus Cueva del Civil in der Valltortaschlucht (Ostspanien, ostspanische Levantekunst)

tels, der möglicherweise Spinnengift enthält, dargestellt und die berühmten Bisonsdarstellungen von Altamira in Nordspanien, die man für gebärende Bisonkühe gehalten hat, dürften nach unserer Meinung Lähmungserscheinungen durch Pfeilgift darstellen. Nach einem Bericht von Brunlinger benutzen noch heute die letzten Überlebenden der primitiven Buschmänner, gewissermaßen Relikte der Steinzeit, in der südafrikanischen Kalahariwüste für ihre Jagden auf Großwild Pfeilgift, das sie aus sehr giftigen Käferlarven gewinnen. Sie tragen die lebenden Larven stets bei sich, um das Gift erst bei Gebrauch durch Zermahlen der Larven, vermengt mit klebrigem Aloesaft, zuzubereiten. Während ihrer tagelangen Hetzjagden, bei denen sie aus rituellen Gründen keinerlei Nahrung zu sich nehmen, wird das Wild neben Beschuß mit Pfeilgift gleichzeitig noch durch gezielte Würfe mit Knütteln gegen die hochempfindlichen Lefzen geschwächt. Auch das Zerlegen ihrer Beute mit primitiven Stein- und Knochengeräten und ihr Abtransport geben uns eine vortreffliche Vorstellung von den gleichen Gepflogenheiten, wie sie wohl bereits die Steinzeitjäger ausgeführt haben dürften.

Mit der Erfindung und dem Umgang von Fernwaffen kam auch die Entwicklung von Nahwaffen nicht zu kurz. Auch waren die damaligen Menschen Kannibalen und mußten einem plötzlich auftauchenden Gegner gewachsen sein. Erstaunlicherweise kannten sie bereits die waffenlose Selbstverteidigung, die heute unter dem Namen Jiu-Jitsu allgemein bekannt ist, und bei dem der Gebrauch der Hände die wesentlichste Rolle spielt. Für einen geübten Kämpfer bedeuten sie die beste Nahwaffe.

Wieder soll das Bild einer derartigen Nahkampfszene den überzeugenden Beweis von ihrer Wirkung erbringen. Die bildliche Darstellung (Abb. 19) stammt aus etwas späterer Zeit (Jungsteinzeit) als der eben beschriebene Bogenschütze, und wurde von Frobenius in Rhotert in der Wüste Sahara in einer Höhle des Wadi Sora mitten unter anderen Felsmalereien entdeckt, aber nicht gedeutet. Einem Kenner einer derartigen Situation ist ihr Sinn auf den ersten Blick verständlich, als ein gnadenloser Zweikampf oh-



Abb. 19: Felszeichnung einer Selbstverteidigung aus der lybischen Wüste (n. Frobenius in Rhotert); deutlicher Zusammenhang mit der ostspanischen Levantekunst.

ne Waffen, wobei hier Judo und Karate miteinander verknüpft sind. Die Darstellung wurde von O. Hennig gedeutet und beschrieben: „Eine schlanke, grazile Gestalt führt einen wuchtigen gezielten Hieb mit der Handkante des linken ausgestreckten Armes gegen die Schädelbasis eines ihr an Kraft und Massigkeit überlegenen Gegners. Unter gleichzeitigem Beinstellen durch Vorstrecken des linken Beines sackt die athletische Gestalt, vielleicht tödlich getroffen, zusammen. Durch Ausweichen mit dem Kopf und mit eingewinkeltem Arm versuchte der Getroffene noch eine schwache Parade, doch sie kommt zu spät, und rein reflexartig streckt er den rechten Arm aus, um den Sturz aufzufangen. In eleganter Weise wird von dem Künstler ausgeführt, wie die angreifende Person, um ihr Gleichgewicht auszubalancieren, ihren eigenen Schwerpunkt verschiebt. Auch die Grundidee des Jiu-Jitsu, die darin besteht, einem in dieser Kampfweise geübten Menschen die Möglichkeit zu geben, selbst einen an Größe und Kraft überlegenen Gegner zu Boden zu schlagen und unschädlich zu machen, hat der Künstler in geradezu klassischer Weise dargestellt.“

Diese Allkampfszene befindet sich als „Miniaturmalerei“ im Mittelpunkt einer Gruppe wilder Bogenschützen in den verschiedensten Stellungen. Da noch weitere Darstellungen von waffenloser Nahverteidigung sich vorfinden, könnte hier der Gedanke auftauchen, daß es sich um Lehrbilder handelt und die angeführte Szene als äußerste Form der Selbstverteidigung bewußt äußersten Fernwaffenanwendungen gegenübergestellt wurde.

Hatte die Vollendung der Sinnesgreifhände mit ihrem Feingriff und damit die Erfindung von Fernwaffen seit der Altsteinzeit für den Menschen eine ganz neue Zeit heraufbeschworen, die sein gesellschaftliches Verhalten völlig änderte, indem sie das geordnete Hordenleben wandelte und die Ausbildung der Einzelpersonlichkeit gestattete, so fehlte als Schlußakt noch eine dritte, sehr entscheidende Voraussetzung zum *Homo sapiens*, das Mitteilungsvermögen. Gerade in seinem neuen sozialen Verhalten bedurfte der Mensch der Nachrichten, die ihm gestatteten, Erfahrungen auszutauschen, gemeinsame Pläne durchzuführen und Wissen zu speichern. Die Aufgabe eines gegenseitigen Gedankenaustausches stellt ja auch eines der wichtigsten Urprobleme der Menschheit dar, die in der Entwicklung von Sprache und Schrift ihre Lösung fanden.

A s c h o f f, der sich in neuerer Zeit mit der Entstehung von Sprache und Schrift beschäftigt hat, schreibt darüber: ... „Der entscheidende Schritt vorwärts geschah, als der Mensch begann, einzelne Laute voneinander abzugliedern und zueinander in Beziehung zu setzen, so daß sich aus ihrer Kombination Worte und Sätze bildeten. Erst jetzt konnte er sich von der unmittelbaren Anschauung freimachen und über etwas nicht Gegenwärtiges oder nicht Gegenständliches berichten. Den Nachrichteninhalt der Sprache, zeitlich beständig und in großer Entfernung übertragbar zu machen, stellt eine Aufgabe dar, deren schrittweise Lösung auf das engste mit der kulturellen und zivilisatorischen Entwicklung der Menschheit verbunden ist“ ... Das gleiche gilt auch für die Entwicklung der Schrift. Wurden bereits durch Zeichengeben bei der Jagd der Frühmenschen Seheindrücke übermittelt, so ha-

ben die Sinnesgreifhände während der Eiszeit Tierbilder und andere Darstellungen in Höhlen und an Felswänden gemalt, wobei den Menschen bald klar wurde, daß sie damit bestimmte Aussagen machen konnten, die von Bestand waren, und daß sie sich zum konzentrierten Nachrichtenaustausch eigneten. Später entstand daraus die Bildsprache der alten Kulturvölker, die durch Normung von Bildreihen und Aneinanderreihung an die Stelle der beliebig vielgestalteten Bilder trat. Sprache und das geschriebene Wort bestimmen seitdem unser Leben, und ihnen verdanken wir unsere kulturellen und zivilisatorischen Errungenschaften.

So steht er jetzt da am Ende einer unendlich langen, zuletzt aber stürmisch vorwärts drängenden Entwicklung: Der emporgestiegene, der „nackte Affe“, wie er von Morris etwas spöttisch genannt wird, der *Homo sapiens*, wie ihn Linné wohlwollender betitelt. Stolz erhobenen Hauptes, im Vollbesitz geistiger Kräfte, in straff aufrechter Haltung, mit durchgedrückten Knien und fast gestreckten Hüften, mit einem kräftigen, ausladenden Gesäß, wohlproportionierten Waden, mit elastischen Fußgewölben und verstärkten ersten Fußstrahlen, wie sie sonst kein Säugetier aufweist. Das Wesentliche seiner Entwicklung verdankt er letzten Endes den fünfstrahligen Händen, die seit alten Zeiten für die Wirbeltiere die wichtigsten Organe für die Umweltvermittlung darstellten, wozu erst später zu ihrer Bedienung Arme geschaffen wurden.

Während der Millionen Jahre dauernden Hangelzeit der Menschenaffen bildeten sich die Hände zu besonderen Sinnesgreifhänden aus, die ihrerseits eine Kette aufeinanderfolgender Entwicklungsstufen in der Menschwerdung auslösten, von langen Greifbaggerarmen über den Hakenhandgang und die Zweifüßigkeit bis zur Großhirnentfaltung.

Nicht vergessen wollen wir noch, daß die ehemals kräftigen raubtierähnlichen Eckzähne bis zum Erreichen der Zweifüßigkeit infolge Entlastung durch den sich ständig verbessernden alltäglichen Waffen- und Gerätegebrauch der Sinnesgreifhände an den langen freien Greifbaggerarmen auf das menschliche Maß umgebildet wurden. So vergleicht Kortland sehr treffend den Faustkeil mit dem „Eckzahn in der Faust“ des Urtechnikers.

Nachteile der aufrechten Körperhaltung

Wie stolz wir auch auf unsere körperlichen und geistigen Errungenschaften sein mögen, so soll nicht verschwiegen werden, daß der Preis, den wir für den aufrechten Gang bezahlten, sehr hoch ist. Unsere zuletzt stürmische Entwicklung ist verglichen mit der unendlich langen vorausgegangenen seit der endgültigen Aufrichtung unseres Körpers nicht ungestraft an uns vorbeigegangen. Diese Zeit hat nicht ausgereicht, den in Hunderten von Jahrmillionen erprobten und auf die Waagerechte festgelegten Körperbau unserer Vierbeinervorfahren durch den senkrecht ausgerichteten fehlerlos zu ersetzen.

Der Umbau unseres Körpers und die völlige Änderung seiner Statik ist weniger durch Planung als vielmehr sehr häufig durch behelfsmäßige Lö-

sungen gekennzeichnet, so daß sich bis heute noch ein ganzer Katalog von Beschwerden und körperlichen Nachteilen in Rückerinnerung an stammesgeschichtliche Vorgänge bemerkbar macht. Das anatomische Ergebnis der evolutionären Anpassung ist daher alles andere als befriedigend. Insbesondere gilt dies für unser Rückgrat mit seiner „Achillesferse“ dem Übergang von der Lendenwirbelsäule ins Kreuzbein, jener für die gesamte Statik entscheidenden wichtigen Körperstelle, wo sich obere und untere Körperhälfte treffen und die Lendenwirbelsäule gegenüber dem Kreuzbein einen nach vorn vorspringenden scharfen Knick aufweist. Schon die älteren Anatomen betrachteten das instabile untere Ende der Wirbelsäule, insbesondere den Lendenknicke als Kaufpreis, den der Mensch für seinen aufrechten Gang zahlen mußte. Dort zeigen sich nämlich am häufigsten noch heute die bösen Folgen der Körperraufrichtung.

Gleichzeitig wurde durch die Vergrößerung des Zwischenraumes zwischen der unteren Brustkorbwand und den verkürzten Beckenkämmen die vordere Bauchwand weitgehend, besonders in ihrem unteren Abschnitt, geschwächt. Wenn auch die Natur sich bemühte, durch Erfindung der ersten „Sperrholzplatte“, bestehend aus kreuz- und quer verlaufenden Muskelschichten und Faszien, dieser Wandschwäche zu begegnen, so beweisen noch heute Hängebauch und Leistenbrüche die Unvollkommenheit unserer Entwicklung. Hinzu kommen aber noch genügend andere Nachteile am Beinskelett, den Bauchorganen, dem Kreislaufsystem und dem Geburtskanal. Einen weiteren Preis, den der Mensch für seine in drei Freiheitsgraden sich auswirkende Beweglichkeit seiner Schultergelenke darbringen mußte, ist die Neigung zur Ausrenkung, die sich bis zur „habituellen Luxation“ steigern kann. Um all diese empfindlichen und lückenhaften Stellen auszumergen und einmal in den vollkommenen Besitz einer gut ausgewogenen Statik unseres auf die Längsachse ausgerichteten Körpers zu kommen, dürften noch viele Millionen Jahre verstreichen, bis diese Mängel durch Mutation und Selektion ausgeglichen sind.

Störung in der Zusammenarbeit zwischen Großhirn und Stammhirn

Andeutungsweise sei noch erwähnt, daß auch die Entfaltung unseres Großhirns mit seinem abstrakten Denken noch keineswegs zu einer restlos geordneten Zusammenarbeit und Beherrschung des Stammhirns, dem Sitz unserer Triebe und Instinkte, geführt hat.

Immer wieder schlagen die Stammhirnerregungen durch. So kann beispielsweise die Angriffslust schwere Ärgernisse und dunkle Schatten im geistigen Bereich des *Homo sapiens* heraufbeschwören. Diese Sachlage kann wohl kaum treffender beschrieben werden, als es Max Born in einem Aphorismus tat, der nachhaltig auch für den heutigen Menschen gilt: „Es scheint mir, daß der Versuch der Natur, auf dieser Erde ein denkendes Wesen vorzubringen, gescheitert ist, denn in diesem Wesen sind tierische Instinkte mit intellektuellen Kräften so unheilvoll vermischt, daß die Mischung nicht mehr unter Kontrolle gehalten werden kann“.

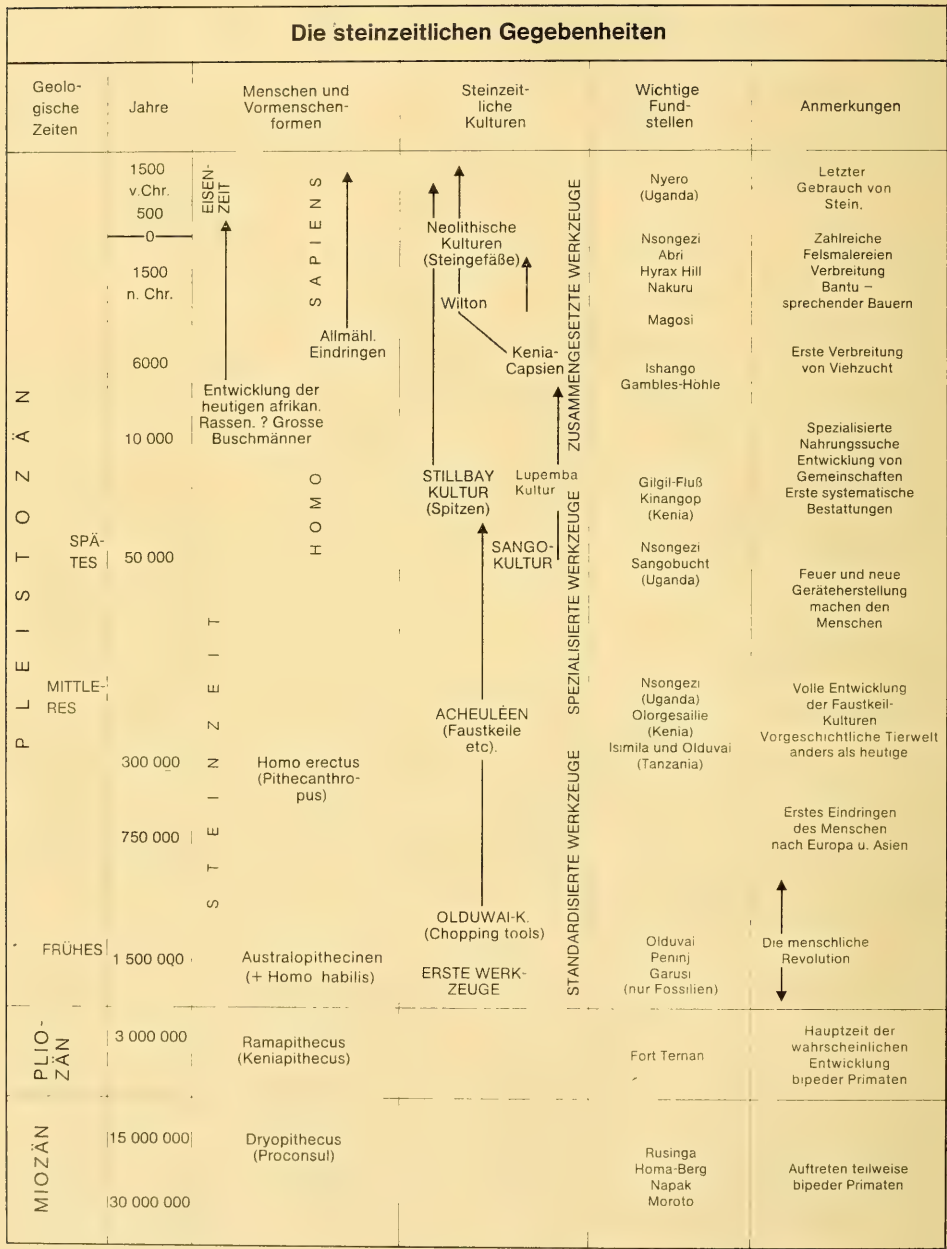


Diagramm 2: Diagramm der Erdgeschichte Afrikas seit dem Miozän mit Daten der Evolution des Menschen (n. P o s n a n s k y).

Die Sinnesgreifhand in Beziehung zu Stammbaum, Hanglertum, Hakenhandgang, Zweifüßigkeit und Großhirnentfaltung

Nach Darlegung unserer eigenen Vorstellungen über die Entwicklung des Menschen, die an Hand der Sinnesgreifhand die Brachiatorentheorie neu begründet, müssen wir uns jetzt kritisch mit den Vertretern der Präbrachiatorenhypothese auseinandersetzen, die die Menschwerdung unter der Aussparung der Brachiation und des Hakenhandganges betrachten und den Menschen unmittelbar auf Steppenformen der Dryopithecinen zurückzuführen.

Zuerst sei der Schwierigkeiten gedacht, die sich hinsichtlich des zeitlichen Ablaufes der Menschwerdung ergeben und sehr unterschiedliche Meinungen aufkommen lassen. In seiner Veröffentlichung über „Der Ursprung des Menschen aus immunologischer Sicht“ schreibt Sarich etwas sarkastisch: ... „wie lange es her ist, seit die Entwicklung des Menschen ihre eigenen Wege genommen hat? Die Antwort auf diese Frage bewegt sich vom Erhabenen bis zum Lächerlichen. Sogar die vernünftigen und ernsthaft überlegten Schätzungen von heute schwanken zwischen ungefähr 3 bis 30 Millionen Jahren“ ... (Washburn, Pilbeam).

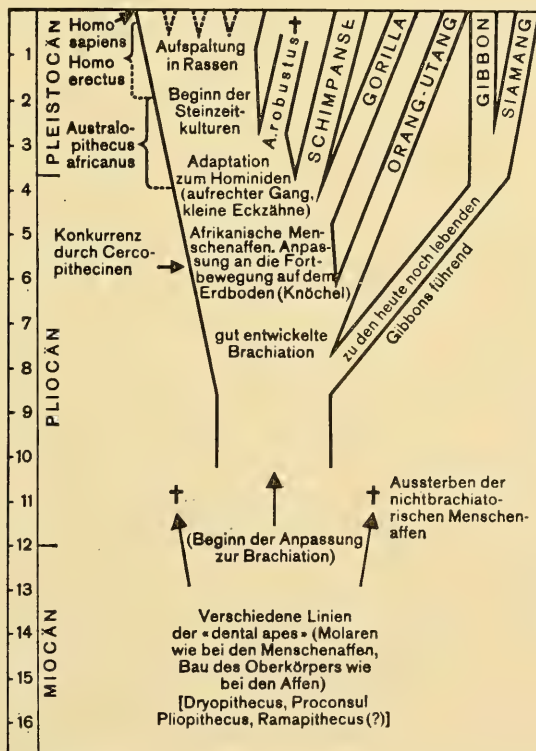


Diagramm 3: Diagramm mit den wesentlichen adaptiven Veränderungen bei den zum Menschen und seinen pongiden Verwandten führenden Linien seit dem Miozän (n. Sarich).

Aus den spärlichen Fossilfunden der Vormenschen (bei Waldformen fallen sie fast ganz aus) wurden leider bereits bei kleinsten Abänderungen oft vor-eilige Schlüsse gezogen, die dann später in eine Sackgasse führten. Es sei nur des im Schrifttum herumgeisternden, allzu wichtig genommenen Proconsuls gedacht, den man am liebsten trotz seiner Vierbeinigkeit mit vorge-streckten Zehen, seiner Schmalbrüstigkeit mit sagittal geführten Gliedma-ßenextremitäten, seinem langen Schwanz und seinen starken Eckzähnen als Stammvater des Menschen ansehen möchte.

Aufgrund immunologischer Untersuchungen über den Ursprung des Men-schen kommt Sarich zu einer verhältnismäßig kurzen Zeitspanne der Menschwerdung. Er schreibt: ... „Bezüglich der heutigen Menschenaffen und des Menschen ergibt sich ein Zeitraum von 8 Millionen Jahren (12 I D Einheiten), seit die beiden Spezies zum letzten Male einen gemeinsamen Vorfahren gehabt haben. Ferner muß es vor ca. 6 Millionen Jahren zur Auf-spaltung gekommen sein, die zur Entwicklung des Schimpansen, Gorillas und des Menschen geführt haben“ ... Das von ihm aufgestellte Stamm-baumdiagramm (Diagr. 3) zeigt die wesentlichen Veränderungen bei den zum Menschen und zu seinen pongiden Verwandten führenden Linien seit dem Miozän. Mit diesem aufgrund neuer immunologischer Ergebnisse aufge-stellten Stammbaum lassen sich die aus der praktischen Handchirurgie ge-wonnenen Erfahrungen über die Tasthand in ihrer Bedeutung für die Ent-wicklung des Menschen bestens in Einklang bringen, auch wenn sie aus einem ganz anderen Wissensgebiet erfolgen.

Der Stammbaum der Summoprimaten

Betrachten wir jetzt den Primatenstammbaum, wie ihn beispielsweise Heberer vertritt, so fällt sofort die tiefe Kluft auf, die er zwischen dem menschlichen Zweig und dem der übrigen Summoprimaten zieht. Während Schimpanse und Gorilla nebeneinander stehen, reicht die Kluft zwischen Schimpanse und Mensch nahezu bis ins Oligozän. Es scheint dies ganz unver-ständlich, nachdem doch aus zahlreichen vergleichenden anatomischen Un-tersuchungen hervorgeht, daß Menschen und Schimpansen in ihrem Kör-perbau, der Funktion ihrer Organe, selbst in dem chemischen Aufbau ihrer Körpersubstanz weitgehendste Übereinstimmung zeigen, ja daß man sogar aus dieser engsten Verwandtschaft heraus an Kreuzungen, Blut- und selbst an Organübertragungen gedacht hat. Menschen und Schimpansen dürfen daher den gleichen Ahnen besessen haben, sonst müßten wir, wenn sich die menschlichen Vorfahren aus ganz früheren Vorstufen im Oligozän bereits abgezweigt hätten, um in der Endphase der Entwicklung doch zu weitgehen-der körperlicher und physiologischer Übereinstimmung zu kommen, von einem Parallelismus sprechen, und für diesen fehlen die Beweise.

Lassen wir zu dieser entscheidenden Frage der Übereinstimmung von Mensch und Schimpanse Washburn zu Wort kommen: ... „Es erscheint ganz unwahrscheinlich, daß diese bis in Einzelheiten gehende strukturelle

und funktionelle Übereinstimmung von einem Parallelismus herrührt. Parallelismus bedeutet, daß Tiere einander gleichen, weil sich ähnliche Gruppen in ähnlicher Weise adaptiert haben, daß aber die Linien genetisch voneinander unabhängig sind. Die Annahme, der Mensch habe die Struktur eines Brachiators durch Parallelismus entwickelt, ohne die Brachiation zu benötigen, käme einer Fehldeutung der Natur, einer Parallelevolution gleich.“

Die Handfertigkeit

Weitere Beweise für die enge Zusammengehörigkeit von Menschen und Schimpansen aus einem gemeinsamen Ahnen bringen uns neuere Ergebnisse aus Tierbeobachtungen in freier Natur und Versuche in Tiergärten. Sie zeigen, daß die Handfertigkeit des Schimpansen der des Menschen sehr nahe steht. Beide sind von Haus aus von allen Primaten die technisch begabtesten Wesen, nur blieb nach K o r r t l a n d „den Schimpansen die Entfaltung zum technologischen Tier nicht etwa deshalb versagt, weil sie im Vergleich mit den Menschen technologisch weniger begabt waren, sondern einfach deshalb, weil für sie die Mühe sich nicht lohnte“ ... Sie lebten weiter in der paradiesischen Fülle zentralafrikanischer Urwälder ohne Nahrungs- und sonstige Umweltsorgen.

Welche erstaunliche Handfertigkeiten aber Schimpansen zu entfalten vermögen, wenn ihnen ein entsprechender Anreiz, also gleichsam nachträglich ein Kulturantrieb dargeboten wird, konnten Forscher an Tieren in Gefangenschaft beobachten. Wie R e n s c h im zoologischen Garten in Münster an seiner Versuchs-Schimpansin „Julia“ feststellte, konnte sie nicht nur virtuos mit Handwerkszeug umgehen, sondern setzte die Schraubenzieher mit beachtlicher Genauigkeit an, mit einem Zartgefühl, genauer gesagt „mit nervöser Lenkung der Fingerbewegungen“, um schließlich zu ihren Leckerbissen zu gelangen. R e n s c h faßt zusammen: „Die bisher vorliegenden Erfahrungen lehren, daß Schimpansen über eine Manipulationsfähigkeit verfügen, die der des Menschen sehr ähnlich ist“. Und S c h u l t z aus Zürich ergänzt die neugewonnenen Erkenntnisse über die Affenfingerfertigkeit zu der Vermutung: „Falls wir Schimpansen ein menschliches Gehirn implantieren könnten, dann würden sie so gut Klavier spielen wie wir ...“.

Nach Ansicht von K o r t l a n d verhalten sich wild lebende Schimpansen sogar noch wesentlich menschlicher als Schimpansen in Gefangenschaft. Diese technologische Begabung der Schimpansen, verbunden mit einer die übrigen Primaten übertreffenden Intelligenz, bestätigt nochmals die Zusammengehörigkeit von Menschen und Schimpansen und ihre Herkunft von einem gemeinsamen Stammvater. Nach K o r t l a n d wurde der Anlauf zu einer menschlichen Entwicklung durch Zurückdrängen der Schimpansen in die Urwälder Zentralafrikas, vielleicht infolge einer Klimaveränderung, oder auch durch bereits entwickeltere Australopithecinen unterbunden, so daß hier, wo jeder fördernde Umweltdruck fehlte und auch keine Nahrungssorgen bestanden, die Tiere von ihrer Fingerfertigkeit so wenig Gebrauch

machten. Kortland spricht daher von einer „Dehumanisierung“ der Schimpansen und unterscheidet noch zusätzlich zwischen dem z. B. in der Abwehrweise von Feinden wesentlich aktiveren Savannenschimpansen und den vergleichsweise stumpf dahinlebenden reinen Waldformen.

Auch Jane Goodall konnte während ihres neun Jahre langen Umgangs mit freilebenden Schimpansen in Afrika die gleichen Erkenntnisse gewinnen, daß Mensch und Schimpanse eine verblüffende Übereinstimmung in ihrer Lebensweise und ihren Verhaltensformen zeigen. Schimpansenkinder lutschen nicht nur wie Menschenkinder am Daumen, sondern Schimpansen sind wie keine anderen Tiere in der Lage, sich selbst Werkzeuge herzustellen. Durchgekaute Blätter benutzen sie beim Wasseraufnehmen wie Schwämme. Sie angeln mit präparierten Grashalmen Termiten aus den Löchern ihrer Bauten. Als Ersatz fehlender natürlicher Waffen richten sie Äste zu, um mit diesen auch stärkere Angreifer abzuwehren oder zu töten. Schimpansen besitzen auch ein ausgeprägtes Sozialverhalten. Für seine Nahrungsbeschaffung „arbeitete“ beispielsweise ein Schimpanse in der Regel genau sieben Stunden, wobei er seine Mittagsruhe, sowie die tägliche zweistündige Körperhygiene mit einbezieht. Selbst in den Eßgewohnheiten unterscheiden sich die Schimpansen nur wenig von den Menschen. Jane Goodall konnte auch hier beobachten, daß zu deren Speisezettel nicht weniger als 90 verschiedene Pflanzenarten, 50 Fruchtsorten, 30 Blätter- und Knospensorten und zur Deckung ihres Eiweißbedarfes auch frisches Fleisch gehört. So jagen Schimpansen Tiere bis zur Größe von Buschschweinen. Aufgrund der neuen Beobachtungen von Jane Goodall müssen wir unsere Auffassung von unseren nächsten Verwandten, den Schimpansen, verbessern und sie gerechterweise gleichsam schon als „Mitmenschen“ achten.

Gemessen an dem normalen Verhalten dieser Wesen in ihrer gewohnten Urwaldumwelt erscheinen gekäfigte Schimpansen in Tiergärten nach Jane Goodall als ausgesprochene „Idioten“, liefern ganz falsche Vorstellungen über ihre wahre Lebensweise und leiden in dem veränderten Milieu aufgrund dauernden Aufgabenmangels unter starken Depressionen.

Atavismen und stammesgeschichtliche Vererbungen

Außer der unmittelbaren körperlichen Übereinstimmung von Mensch und Schimpanse, ihrer im Tierreich beispiellosen Handfertigkeit und ihren übereinstimmenden Verhaltensformen können wir durch den Nachweis von Atavismen und Instinkten beim heutigen Menschen noch genügend Beweise erbringen, die alle zusammen mit Sicherheit dafür sprechen, daß auch der Mensch das Stadium des Hangelns (Brachiation) und des Hakenhandganges durchlaufen haben muß. Diese Beweise sind deshalb so wichtig, weil bisher von den waldbewohnenden Vorläufern des Menschen Fossilfunde wegen vollständiger Verwesung im Waldboden nahezu fehlen. An die Spitze der atavistischen Merkmale des Menschen stellen wir die kennzeichnende Ru-

herstellung der menschlichen Hand, die von Chirurgischer Seite auch als die Funktionsstellung bezeichnet wird. B u n n e l gibt in seinem Lehrbuch der Handchirurgie beim Eingehen auf das Muskelgleichgewicht während des Handgebrauchs folgende klassische Schilderung: „In Ruhe nimmt die Hand eine bestimmte Stellung ein. Es handelt sich im wesentlichen um die Mittelstellung der Gelenke, einschließlich des Handgelenkes und der Drehstellung des Vorderarmes. Dabei sind alle Muskeln im Gleichgewicht, so daß bei ungestörtem Tonus die Hand in Ruhe die sog. Funktionsstellung (Abb. 20) einnimmt. Der Vorderarm steht dabei in Mittelstellung zwischen Pronation und Supination, das Handgelenk in etwa 20° Dorsalflexion und 10° Ulnarduktion. Die Finger sind in jedem Gelenk leicht gebeugt, der Zeigefinger am wenigsten und der kleine Finger am meisten. Der Daumen steht in teilweiser Opposition und seine Gelenke sind ebenfalls leicht gebeugt.“

Das für die normale Stellung und die Funktion der Hand notwendige Muskelgleichgewicht stellt sich zwischen drei Muskelgruppen ein; den langen Streckern, den langen Beugern und den Binnenmuskeln der Hand. Aus dieser Funktionsstellung heraus haben alle Muskeln den mechanisch günstigsten Ausgangspunkt für ihre Aktion. In dieser Stellung paßt die Hand um einen spindelförmigen, länglichen Gegenstand mit einem Durchmesser von 4,5 cm, der in einem Winkel von 45° zum Vorderarm liegt. Wahrscheinlich ist es eine atavistische Stellung zum Erfassen von Ästen, Waffen oder anderen Lebewesen...“. Auch die Schreibstellung unserer Hand dürfte mit der Funktionsstellung identisch sein. Verweilen wir nochmals bei einem bequem in die menschliche Hand passenden Ast mit einem Durchmesser von 4 bis 5 cm, so könnte sich vielleicht daraus für die Zeit der Hangelfortbewegung in den Bäumen ein Hinweis ergeben, in welcher Höhe die Tiere lebten und in welchem Bereich der Baumkronen sie sich am meisten aufhielten.

Bei der Ausbildung der menschlichen Wirbelsäule läßt sich bei Kindern eine Rückerinnerung an die Zeit der Hangelfortbewegung noch deutlich erkennen. So fehlt dem menschlichen Neugeborenen noch jede Wirbelsäulenkrümmung, und bei seinen ersten Versuchen sich aufzurichten, fällt der Oberkörper infolge seines Übergewichtes nach vorn. Erst ganz allmählich gelingt es ihm durch Übung und Kräftigung seiner die Wirbelsäule stützenden Muskeln, sich zunächst mit völlig gerade gehaltenem Rückgrat aufzurichten. Es dauert bis in die Zeit der Geschlechtsreife, ehe die doppel-S-förmige Krümmung sich vollendet (Abb. 21). Für diese Tatsache, daß die Wir-



Abb. 20: Menschliche Hand in Ruhe- und Funktionsstellung.

belbiegungen sich im Laufe ihrer Entwicklung so spät und erst mit dem Eintreten bestimmter statischer Bedingungen herausbildet, dürfte die stammesgeschichtliche Vererbung eine Hauptrolle spielen. In den Abbildungen von Mollier kommen diese kennzeichnenden Wachstumsverhältnisse der menschlichen Wirbelsäule deutlich zur Darstellung.

Aber auch unsere Fußentwicklung beweist in besonders überzeugender Weise, wie sich nach Erlangen der Zweifüßigkeit aus ursprünglich beweglichen Greif- und Kletterfüßen unserer hangelnden Vorläufer der menschliche Fuß zu einem Stand- und Schreitfuß umwandelte. So schreibt Hoepke: ... „Eins ist sicher: ein primitives Merkmal ist der Fuß nicht, wie es so oft behauptet wird. Unsere Großzehe steht noch heute in Oppositionsstellung neben der zweiten Zehe. Ihr zweiachsiges Sattelgelenk ging während der ontogenetischen Entwicklung verloren und ist heute nur einachsig. Der *Musculus opponens* wurde zurückgebildet. Das ist nur verständlich, wenn wir eine Abstammung von im Urwald kletternden Ahnen annehmen. Die Last des Körpers wird erst allmählich vom lateralen Fußrand, auf dem die Affen gehen, auf den medialen Fußrand gelegt. Erst dadurch bildet sich das

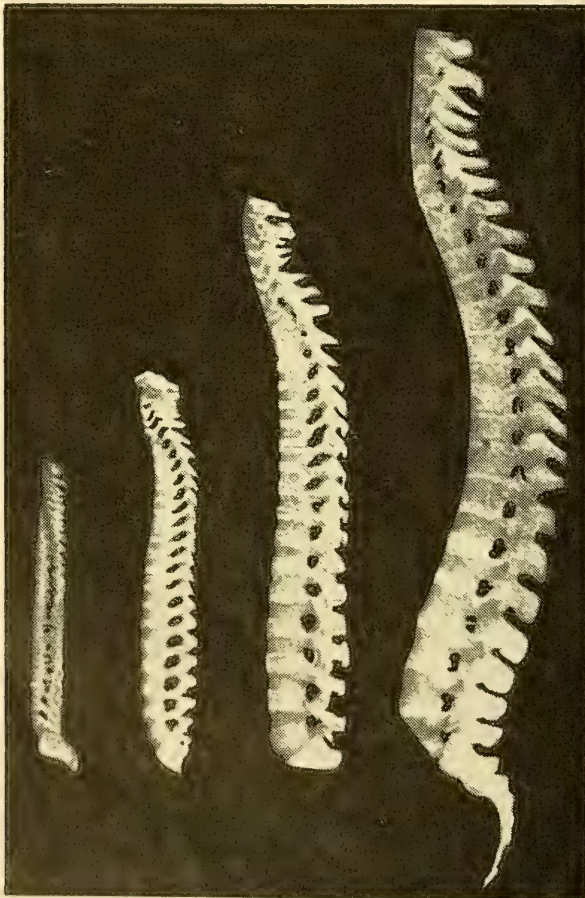


Abb. 21: Menschliche Wirbelsäulen vom Neugeborenen bis zum Erwachsenen (n. Mollier).

Gewölbe aus, obwohl die Last des Körpers ständig zunimmt. Es kann noch nicht allzu lange her sein, daß der Kletterfuß in einen Schreitfuß umgewandelt wurde. Von allen auf dem Lande lebenden Säugetieren kommt nur dem Menschen eine verstärkte erste Zehe zu. Bei den übrigen wird sie fort und fort kleiner. Deshalb sind auch die Gelenke am lateralen Fußrand alle beweglicher als die medialen. Das zwischen Calcaneus und Cuboides ist geradezu ein Sattelgelenk . . .“.

Erbkoordination

Weitere stammesgeschichtliche Anpassungen im Bereich der Hand, die als „Erbkoordinationen“ bezeichnet werden, finden sich bei Neugeborenen. Sie verfügen über eine Reihe von funktionstüchtigen Verhaltensweisen, die im wesentlichen Leistungen des Stammhirns und des Rückenmarks darstellen, denn die Hirnrinde ist noch nicht arbeitsfähig.

Ein kennzeichnender angeborener Mechanismus des neugeborenen Säuglings ist der sog. Handgreifreflex. Vielleicht sollte man ihn besser als Handgriffreflex bezeichnen (Abb. 22). Beim Aufdrücken eines Fingers oder Stabes gegen die Handfläche schließen sich die Finger um den berührenden Gegenstand und zwar wie P r e c h t l durch Filmaufnahmen nachweisen konnte, in einer geordneten Abfolge der Fingerbewegungen. Zuerst greift der Mittelfinger zu, dann folgen die anderen, zuletzt der Daumen. Dies dürfte dem vorher geschilderten Aufgriff über den Ast entsprechen, wobei der längste Finger zuerst in Berührung mit der Rinde kommt und sein Berührungssignal als erster hirnwärts abgibt. Dann folgen die anderen der Größe nach, bis zuletzt der Daumen nur beigelegt wird. Dieser Hakengriffreflex ist gelegentlich bei Siebenmonatskindern so stark ausgebildet, daß sich das Kind hängend an einer aufgespannten Wäscheleine festhalten kann.

Als dritte dieser stammesgeschichtlichen Anpassungen im Bewegungsbe-
reich der Hand kann man bei Frühgeburten in Rückenlage sich abwechselnde, wohlgeordnete Arm- und Handbewegungen beobachten. Dabei bewegen sie den einen Arm mit geschlossener Hand abwärts, den anderen mit sich immer mehr öffnender Hand aufwärts. Diese Bewegung entspricht der der Arme beim Hangeln, wenn die Sinnesgreifhände abwechselnd über den Kopf geführt und auf die Äste gelegt werden.

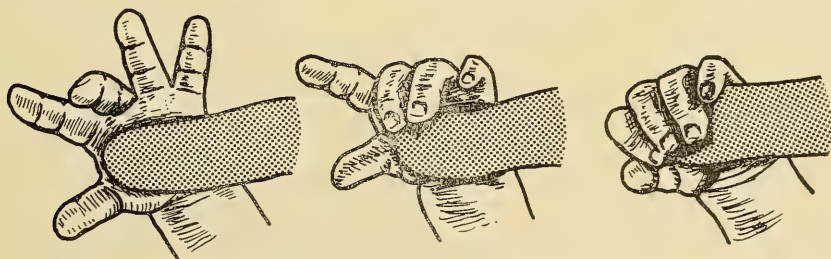


Abb. 22: Handgriffreflexe bei Neugeborenen (P r e c h t l).

Verhaltensformen

Weitere Beweise, daß unsere Vorfahren einst baumbewohnende Menschenaffen waren liefern uns Beobachtungen an Kindern. Sie haben einen angeborenen Trieb, Bäume zu erklettern. Dabei fällt auf, mit welcher Sicherheit und Unbekümmertheit sie sich hangelnd und kletternd in den Ästen der Bäume bewegen. Gleichsam aus einem Instinktzwang, aus der „Urzeit des Bauhandwerks“, errichten sie, ohne jemals derartiges gesehen zu haben, in einem bestimmten Alter Baumhäuser oder Liegestätten aus Zweigen in den Bäumen, die eine angeborene Rückerinnerung an ehemalige Schlafnester der Menschenaffenzeit darstellen dürften. Im Böhmerwald üben Knaben ein seltsames Spiel. Sie klettern in die Kronen von Fichten und wechseln durch Schaukelbewegungen von Baumkrone zu Baumkrone über. Auch eine andere Art von Spiel an hohen Fichten wird von Knaben ausgeführt, indem sie sich von der Spitze einer hohen Fichte an deren Außenseite unter ständigem Nachgreifen auf den sich nach unten verbreiternden Ästen bodenwärts abgleiten lassen. Auch bei diesen seltsamen Spielen dürfte es sich um eine Erinnerung an das ehemalige Baumleben handeln.

Ein wichtiges atavistisches Zeichen findet sich bei Knaben, die zum ersten Male an der Reckstange hängen, wobei sie in der Art der Affenhände mit angelegtem Daumen im Übergriff die Stange umfassen und den richtigen Reckgriff mit umgelegten Daumen erst erlernen müssen. Auch hierin prägt sich noch immer der angeborene ehemalige „Hakenhandhangelgriff“ der Hangelzeit unserer Vorfahren deutlich aus.

Ein weiterer angeborener Mechanismus wird optisch ausgelöst, wenn sich Kleinkinder vom Rande eines Abgrundes instinktmäßig zurückhalten. Selbst dann, wenn diese gefährliche Stelle durch eine Glasabdeckung gesichert wird, krabbeln sie, wie Versuche ergeben haben, erst darüber, wenn aufgezeichnete Muster eine Absicherung nach unten optisch vortäuschen. Selbst die eigene Mutter vermag weder mit Leckerbissen noch mit Spielzeug ein Kleinkind über einen echten oder vermeintlichen Abgrund zu locken. Auch hier dürften sich im Unterbewußtsein Vorstellungen über ihr ehemaliges gefährliches Leben in den Baumkronen erhalten haben.

Einen sehr auffälligen Hinweis auf das ehemalige Hanglertum unserer Vorfahren in den tropischen Regenwäldern bietet eine anatomische Besonderheit am Haarwuchs unserer Arme. Beim Menschen verläuft die Richtung der Haare am Oberarm distal und am Unterarm proximal ulnar in Richtung auf den Ellbogen. Diese Tatsache dürfte ein atavistisches Merkmal sein und im Zusammenhang mit den häufigen Regen des Tropenwaldes stehen, als die Vorfahren ihre Arme schützend über den Kopf hielten, um den Regen über den Ellenbogen ablaufen zu lassen.

So wie wir als Beweis für die Zeit des Hanglertums unserer Vorfahren genügend Atavismen und angeborene Instinkthandlungen erbringen können, so gilt das gleiche auch für die Zeit des Hakenhandganges. Auch hier können wir mit Sicherheit an den menschlichen Händen noch Atavismen

feststellen, die dafür sprechen, daß unsere Vorfahren diesen Übergang zur Zweifüßigkeit durchgemacht haben. Betrachten wir die Hände eines älteren Mannes von der Streckseite her bei gestreckten und angelegten Fingern, so fällt sofort auf, daß die Haut der Finger distal von den Mittelgelenken sich deutlich von der Haut der Grundglieder und des Handrückens unterscheidet. Die Haut der Mittelglieder ist glatt, meist etwas blasser und zeigt dicht gedrängt querverlaufende feine Falten, während die Haut der Grundglieder und des Handrückens runzelig, welk und von zahlreichen unregelmäßig verlaufenden Falten durchzogen ist, die sich locker von dem Untergrund abheben lassen und auch stehenbleiben. Im Gegensatz dazu ist die Haut über den Mittelgliedern sehr straff und läßt sich von der Unterlage kaum abheben und auch nur wenig verschieben. Vom Mittelgelenk ab fehlt bis zu den Fingerspitzen so gut wie jeder Haarwuchs.

Überstreckt man durch Gegendruck die Finger, so fällt ein deutliches Abblassen der Haut der Mittel- und Endglieder auf. Es beruht dies darauf, daß die von der Mittelhand stammenden Arterien trotz volarer Zuflüsse sich am Mittelglied erschöpfen. Von hier ab übernehmen die volaren Arterien allein durch Kapillaren die Versorgung des Mittelfingerrückens. Oft sieht man auf dem Handrücken ein stark ausgeprägtes Venennetz, das bis zu den Fingermittelgelenken reicht und hier stets scharf abbricht. Ursache hierfür ist, daß der Blutabfluß in die Venen von der Fingerbeere und der Volarseite der Mittelglieder in das Venennetz der Dorsalseite der Grundglieder und in den Handrücken einmündet. Die Lymphbahnen folgen den Venen grundsätzlich in gleicher Anordnung. Auch die Fingernerven verlaufen mit den Arterien zusammen entlang der Seitenkanten der Finger. Bei ihnen sind die beiden dorsalen Stämmchen wesentlich schwächer als die beiden volaren. Sie erschöpfen sich an den Fingern regelmäßig im Bereich von Grund- und Mittelglieder. Die Dorsalseite der End- und ein Teil der Mittelglieder wird von volaren Fingernerven mit übernommen.

Sehr bezeichnend und beweisend für eine Rückerinnerung an einen ehemaligen Hakenhandgang sind besonders auch die anatomischen Verhältnisse der Strecksehnen an unseren dreigliederigen Fingern. Nach Verlassen des Leitkanals der langen Fingerstrecker unter dem Handwurzelband laufen ihre Sehnen frei unter der Haut auf die Grundgelenke der Finger zu, wobei sie aber noch durch schiefgelegte Sehnenbrücken miteinander verknüpft und dadurch in ihren Bewegungen voneinander abhängig sind. Die Sehnen laufen dann über die Köpfchen der Mittelhandknochen in ein dreieckiges, pfeilspitzenähnliches Endstück aus (Abb. 23), das sich fest auf den Finger Rücken anpreßt. Mit diesen seitlichen Zipfeln, die sich um das Köpfchen der Mittelhandknochen herumschlagen, vereinigen sich die Ausläufer der Musculi lumbricales und interossei, um als kleine Muskeln der Hand die Finger in den Grundgelenken zu beugen. Der Mittelstreif der eigentlichen Strecksehne spaltet sich wie Abb. 23 zeigt, über dem Grundglied in drei Längsbündel, von denen das mittlere in Verlängerung an dem Grunde des Mittelgliedes sein Ende findet, dagegen die beiden Randstreifen nach ihrer Wiedervereinigung mit den Ausläufern der Musculi lumbricales und interossei



Abb.: 23: Strecksehnen eines dreigliedrigen Fingers (n. T. v. L a n z & W a c h s m u t h).

über dem Mittelglied bis zum Grund der Endglieder als breite Aponeurose enden. Somit findet sich auf der Dorsalseite der Mittelglieder der dreigliedrigen Finger keine Schmalsehne, sondern eine breite Aponeurose. Es konnte also während des Hakenhandganges, bei dem die Hand mit der Rückseite der Mittelglieder aufgestützt wurde, gar keine Sehne gedrückt oder geschädigt werden, sondern der Druck verteilte sich beim Aufstützen stets auf eine breite Aponeurose. Infolge dieser besonderen anatomischen Anordnung des Streckapparates der dreigliedrigen Finger ist die selbst- und fremdtätige Beweglichkeit der Endglieder schwerfällig, bei einem Aktionsradius von kaum 20° . Außerdem erklärt sich aus dieser anatomischen Besonderheit das kennzeichnende Abreißen der kurzen breiten Streckaponeurose bei einem harten Stoß gegen das leicht gebeugte Endglied.

Alle diese auffälligen anatomischen Besonderheiten lassen sich nur erklären, wenn man annimmt, daß durch diese Anordnung beim Aufsetzen der mittleren Glieder der dreigliedrigen Finger während des Hakenhandganges Gefäße, Nervenstämmen und Strecksehnen nicht gequetscht und geschädigt werden sollten.

Befühlt man die Streckseite der Finger der Mittelfingerglieder, so erscheinen sie breit und fast glatt, was durch die über den Knochen liegende Aponeurose noch verstärkt wird. Dagegen ist der Fingerrücken der Grundglieder dachförmig steil. Auch diese anatomische Besonderheit spricht für eine Abflachung der Mittelglieder durch den dauernden Druck beim Hakenhandgang.

Ein weiterer Beweis für den ehemaligen Hakenhandgang ist die auch beim Menschen erhalten gebliebene Fähigkeit zu einer Schaukelbewegung in den Grundgelenken der dreigliedrigen Finger nach dorsal und volar, wodurch beim Aufsetzen der Hand im Hakenhandgang unangenehme Stoßwir-

kungen gegen die Handgelenke federnd und dämpfend abgefangen wurden. Ferner spricht dafür die nach Einbiegen der Finger zur Hakenhandstellung erhalten gebliebene, leicht bogenförmige Begrenzung der Dorsalseite des zweiten bis fünften Fingers. Sie ermöglicht die stufenförmigen Längen der Grundglieder auszuwechseln, um so beim Hakenhandgang die günstigste Berührung des Bodens zu schaffen.

An dieser Stelle sei noch auf eine kennzeichnende Gehweise menschlicher Kleinkinder eingegangen, die sich als kurzer Übergang bei der Fortbewegung „auf allen Vieren“, d. h. zwischen dem Kriechen und der völligen Aufrichtung einschaltet. Vergleichen wir in diesem Stadium Kleinkinder von Mensch und Schimpanse, so fällt, wie Abb. 24 zeigt, auf, daß die kleinen Schimpansen bereits den kennzeichnenden Hakenhandgang ihrer Eltern ausführen, nämlich vorne durch die langen Hangelarme hoch aufrichtet und mit hakenartig gebeugten Fingern aufgestützt fällt der Rumpf infolge der kurzen Beine schräg nach hinten ab. Im Gegensatz dazu ist bei menschlichen Kleinkindern die Beckengegend durch die in diesem Alter bereits verlängerten Beine stark überhöht und der Rumpf fällt nach vorne unten ab, wobei sich die Hände mit ihren gespreizten Fingern dem Boden auflegen. Diese Gangart ist aber keine Rückkehr zu dem ehemaligen Vierfüßlergang, sondern bedeutet lediglich eine zeitweilige Zweckhandlung, die die Kinder anwenden, um infolge der Schubkraft aus der Beckengegend ein ständiges „auf die Nase fallen“ zu vermeiden. Diese Fingerstellung ist nur im Sinne einer starken Bremswirkung zu verstehen.

Betrachten wir nochmals rückschauend unsere Erörterungen über die Entwicklung des Menschen vom Menschenaffen über den Affenmenschen zum Vollmenschen, so glauben wir genügend Beweise dafür erbracht zu haben, die noch immer, besonders bei Anthropologen, vertretene Ansicht abzulehnen, daß erst der aufrechte Gang es gewesen sei, der die Voraussetzungen für die Menschwerdung schuf und daß die Greifhände sich erst danach ausbildeten.

In der Menschwerdung spielt die Erlangung der Zweifüßigkeit zwar eine wichtige Zwischenrolle, aber sie stand nicht am Anfang und war auch nicht ihre Ursache.

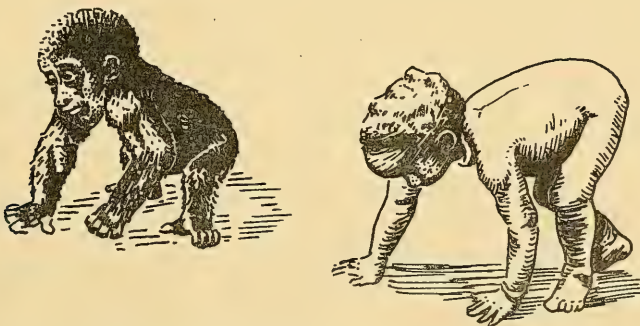


Abb. 24: Temporärer scheinbarer Vierfüßlergang eines menschlichen Kleinkindes im Vergleich zu einem Gorillakind (n. S c h u l t z).

In neuerer Zeit waren es besonders Verhaltensforscher, die auf die Bedeutung der Greifhand für die Menschwerdung hinwiesen. Ohne die Ausbildung der Hangelhände mit Entwicklung eines räumlich empfindenden Fingerspitzengefühls und einer entsprechenden Fingerfertigkeit zur Sicherung der Hangelfortbewegung in den Bäumen und ohne den Zug des hängenden Körpers wäre der waagrecht ausgerichtete Körper der Vierbeineraffen nie zum senkrecht ausgerichteten Körper der Menschenaffen umgebildet worden. Dies war der entscheidende Beginn der Menschwerdung. Denn gerade während der Hangelzeit wurde die obere Körperhälfte grundlegend umgebaut, nämlich die Wirbelsäule gestreckt, der Rumpf und der Schultergürtel verbreitert und die Vierfüßlervordergliedmaßen zu langen, dreidimensional beweglichen Greifbaggerarmen zwecks Bedienung der Sinnesgreifhände ausgebildet. Die untere Körperhälfte der menschlichen Vorfahren wurde erst während des Hakenhandganges an die senkrechte Körperbauweise angepaßt, als sich nämlich eine dringende Notwendigkeit dafür ergab. Um zu überleben, mußten diese Wesen das Fehlen natürlicher Waffen durch das Handhaben künstlicher Waffen ausgleichen, was ihnen aber nur mit Sinnesgreifhänden möglich war. Ohne aufrechten Stand und Gang hätten sie die Waffen nicht wirksam anwenden können. Der Hakenhandgang bot ihnen jedoch die Möglichkeit zum Aufrichten. Die Sinnesgreifhände erzwangen daher die Zweifüßigkeit, um die Arme endgültig von der Fortbewegung zu befreien. Mit Aufrichten des Körpers wurde auch der vordem nach vorn unten hängende Kopf waagrecht ausbalanciert, und damit der Hirnschädel vom starken Nackenmuskelzug befreit und dem Großhirn Ausdehnungsmöglichkeit gegeben.

Fassen wir die Bedeutung der Sinnesgreifhände für die Entwicklung des Menschen in einem Satz zusammen, so waren sie die Urheber des Hangelturns der Menschenaffen, die Erhalter der Hakenhandgänger (die ausgestorben wären, wenn sie nicht den Mangel an körperlichen Waffen durch Gebrauch künstlicher Waffen ausgeglichen hätten), die Erzwinger der Zweifüßigkeit aus dem Hakenhandgang heraus und die Anreger der Großhirnentfaltung infolge enger Wechselbeziehung zwischen Handfertigkeit und Hirntätigkeit. Mit Nachdruck sei noch einmal betont, daß in der sich gegenseitig fördernden Wechselwirkung von Sinnesgreifhandausbildung, Körperaufrichtung und Großhirnentfaltung die Sinnesgreifhände die auslösende und beherrschende Rolle bei der Menschwerdung spielten.

Mit unseren Darlegungen glauben wir genügend Unterlagen erbracht zu haben, die beweisen, daß auch die Vorläufer der Hominiden als Baumbewohner reine Hangler gewesen sind und auf ihrem Weg zur Zweifüßigkeit ebenfalls den Hakenhandgang als Übergang durchgemacht haben müssen. Damit dürfte die Präbrachiatorentheorie ihre Gültigkeit verloren haben.

Niemals konnten unsere Sinnesgreifhände von steppenbewohnenden Dryopithecinen stammen, da Vierbeineraffen mit nach vorne gerichteten Füßen ihre Zehen beim Laufen auf dem Boden als Bremse gegen das Abrutschen nach vorne gebrauchen, und damit an der Volarseite der Zehenendglieder stärkstem Druck ausgesetzt sind, genau an der Stelle, an der sich

bei den menschlichen Händen die hochempfindlichen Tastpolster der Fingerbeeren befinden. Dagegen ist die Entwicklung der Hand mit ihrer Doppelfunktion zum Tasten und Greifen nur sinnvoll in der lebensgefährlichen Höhe der Baumkronen, wo ständig Anlaß zum Ausbilden und Vervollkommen von Sicherheitsvorrichtungen an den Händen gegeben ist.

Das gleiche gilt auch für den hochspezialisierten Fußbau des Menschen, der sich nur durch ein vorausgegangenes Leben auf den Bäumen erklären läßt. Unsere Füße waren ursprünglich sehr bewegliche Greif- und Stemmfüße, wie menschliche Neugeborene noch immer beweisen, die sich erst nachträglich mit der Entwicklung der Zweifüßigkeit in Stand- und Schreitfüße mit federnd versteiften Gewölben und Verstärkung des ersten Fußstrahles abgewandelt haben.

Schließlich wäre auch unser räumliches Sehen für ursprüngliche Bodenwesen unnötig und nicht zu erklären gewesen.

Was letzten Endes den Anstoß für den Umbruch des waagrecht ausgerichteten Körperbaus der Dryopithecinen zum senkrecht ausgerichteten der Menschenaffen mit ihrer neuartigen Hangelfortbewegung in den Bäumen erwirkte, wissen wir nicht. Es erübrigt sich deshalb, sich hier weiter in Vermutungen zu ergeben.

Zusammenfassung

Die Hand ist stammesgeschichtlich älter als der Arm, als die Säugetiere, als der aufrechte Gang, als das Großhirn und als der Mensch. Erst die Entwicklung der Sinnesgreifhand ermöglichte die sichere Fortbewegung im Hakenhandhangeln der Menschenaffen. Zu diesem Zweck wurde der Oberkörper aus der waagrecht ausgerichteten Bauweise der vierbeinigen Tieraffen umgebaut in die senkrecht ausgerichtete der Hangler. Dabei wurde die Wirbelsäule gestreckt, der Brustkorb verbreitert, wurden die Arme verlängert und im Schultergelenk dreidimensional beweglich. Zum Bodenleben zurückgekehrte Summoprimaten bewegten sich halbaufgerichtet im Hakenhandgang, weil sie von der Hanglerzeit her mit den langen, dreidimensional beweglichen Greifarman an einem gestreckten breiten, in senkrechter Bauweise ausgerichteten Oberkörper ausgerüstet waren. Ihre ebenfalls beibehaltenen Sinnesgreifhände ermöglichten den Gebrauch aufgelesener Verteidigungswaffen bei aufgerichtetem Oberkörper und damit auch den von Werkzeugen (Abb. 25). Die in einer großraubtierreichen und daher feindlichen Umwelt erzwungene ständige Aufrichtung führte zum zweifüßigen aufrechten Gang und damit zum Umbau auch des Unterkörpers und seine Ausrichtung auf die senkrechte Bauweise. Der nunmehr völlig senkrecht stehende Körper balancierte den waagrecht ausgerichteten Kopf auf der Spitze der Wirbelsäule und befreite das Hinterhaupt von dem Zug einer schweren Nackenmuskulatur, die vordem den nach schräg-unten hängenden Kopf halten mußte. Die von der Fortbewegung völlig befreiten werkzeug- und waffenbenutzenden Hände entlasteten das Gebiß in seiner Arbeit als Verteidigungswaffe und Nahrungsbeschaffer. So bildeten sich Schnauze und Eckzäh-



Abb. 25: Das Übergewicht der Hand in der Hirnrepräsentation im Vergleich zum übrigen Körper (n. Verdan).

ne zurück und es kam statt einem Hintereinander der Gesichtsabschnitte zu einem stockwerkartigen Übereinander. Erst die Waagrechtstellung des Schädels mit dem Wegfall der bremsenden Kräfte auf die Gehirnentwicklung löste eine geradezu stürmische Entfaltung des Großhirns mit Ausbildung des menschlichen Verstandes aus. Der nunmehr aufrecht sich bewegende, weit umherblickende, äußerst handfertige, erfindungsreiche, feuerbenutzende und in Familien und Sippen eng zusammenhaltende und verständ-

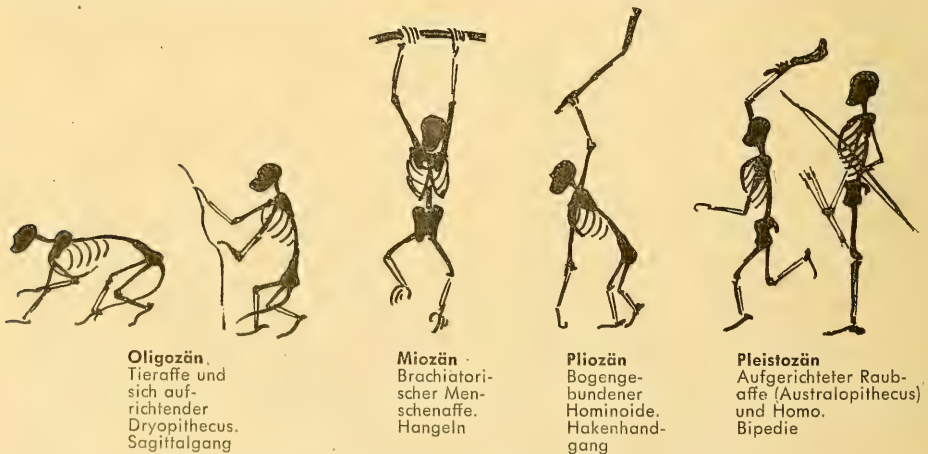


Abb. 26: Entwicklungslinie vom vierfüßigen Tieraffen über Dryopithecus, brachiatorischen Menschenaffen, im Hakenhandgang sich bewegenden Hominoiden, bipeden Australopithecinen, zum aufrechtgehenden Menschen.

digungsfreudige Summoprimate war damit Mensch geworden, was er nur den Leistungen seiner Sinnesgreifhände für das Auftreten von Fortschritten an den entscheidenden Abschnitten seiner Entwicklung zu verdanken hatte (Abb. 26).

Schrifttum

- Ankel, F. (1970): Einführung in die Primatenkunde, Grundbegriffe der modernen Biologie Bd. 6. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Ardrey, R. (1970): Der Gesellschaftsvertrag. Das Naturgesetz von der Ungleichheit der Menschheit. Verlag F. Molden, Wien-München-Zürich.
- Aschoff, V. (1971): Die Bedeutung der Kommunikation (Sprache und Schrift) bei der Menschwerdung. Akut, Stuttgart, 1 und 2/1971.
- Bada, J., R. Schroeder & G. Carter (1974): New evidence for the antiquity of man in North America deduced from aspartic-acid racemization. Science, Washington, **184**, No. 4138, 791—793.
- Baeyer, H. v. (1930): Der lebende Arm. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Benninghoff-Goerttler (1957): Lehrbuch der Anatomie des Menschen. Bd. 1 & 3. Urban & Schwarzenberg, München.
- Bing, R. (1917): Kompendium der topischen Gehirn- und Rückenmark-Diagnostik. Verlag Urban & Schwarzenberg, Berlin-Wien.
- Braus, H. (1923): Anatomie des Menschen, Bd. 1, Bewegungsapparat. J. Springer Verlag, Berlin.
- Brunlinger, R. (1972): Die Urbevölkerung der Kalahariwüste. Fernsehbericht im Zweiten Deutschen Fernsehen, Juli 1972.
- Bunnell, S. (1944): Surgery of the Hand. J. B. Lippincott Comp., Philadelphia-London-Montreal.
- Constable, G. & R. Soleki (1973): Der Mensch der Vorzeit, Bd. 3: Die Neandertaler. Time-Life-International N. V., Amsterdam.
- Corning, H. (1914): Lehrbuch der topographischen Anatomie. Verlag Bergmann, Wiesbaden.
- Dart, R. (1973): in Howell, F. & Time-Life-Redaktion: Der Mensch der Vorzeit, Bd. 2: Vom Menschenaffen zum Menschen. Time-Life-International N. V., Amsterdam, 1973.
- Ditfurth, H. v. (1971): Klüger als 1000 Computer. Akut, Stuttgart, 4/1971.
- Eibl-Eibesfeldt, I. (1967): Grundriß der vergl. Verhaltensforschung. Ethologie. R. Piper Verlag, München.
- Fester, R. (1973): Die Eiszeit war ganz anders. Das Geheimnis der versunkenen Brücke nach Amerika. R. Piper & Co. Verlag, München.
- Franzen, J. (1972): Der aufrechte Gang. Mit ihm begann die Evolution des Menschen. Kosmos, Stuttgart, **68**, 1—9.
- Geldmacher, J. (1971): Bericht über die Handchirurgie im Rahmen der Handklinik Erlangen. Das neue Erlangen, Erlangen, Heft 23, April 1971, 1 ff.
- Godall, J. (1963): My life among wild Chimpanzees. National Geographic, Washington, **124**, 272—308.
- Gregory, W. (1916): Studies on the Evolution of the Primates, I. Bull. American Mus. Nat. Hist., New York, **35**, 339—355.
- Heberer, G. (1968): Der Ursprung des Menschen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Heberer, G., (Herausgeber), (1959): Die Evolution der Organismen. 2. Aufl., Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Hennig, O. (1961): Die ältesten bildlichen Darstellungen von Allkampfszenen (Jiu-Jitsu). Festschrift für L. Zotz. Steinzeitfragen der Alten und Neuen Welt. Quartär, Erlangen, 1961, 207—217.

- Hoepke, W. (1948): Das Muskelspiel des Menschen. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- Honoré, P. (1969): Es begann mit der Technik. Deutsche Verlagsanstalt Stuttgart.
- Howell, F. (1973): Der Mensch der Vorzeit, Bd. 2: Vom Menschenaffen zum Menschen. Time-Life-International N. V., Amsterdam.
- Huizinga, J. (1938): Im Schatten von morgen. Gotthelf Verlag, Bern, 3. Aufl.
- Hyrtil, J. (1850): Lehrbuch der Anatomie, Wien.
- Königswald, G. v. (1968): Probleme der ältesten menschlichen Kulturen. In: Handgebrauch und Verständigung bei Affen und Frühmenschen (Herausgeber B. Rensch), 149—171. Verlag Hans Huber, Bern.
- Kortland, A. (1962): Chimpanzees in the wild. Scientific American, New York, **206**, 128—138.
- Kortland, A. (1968): Handgebrauch bei freilebenden Schimpansen. In: Handgebrauch und Verständigung bei Affen und Frühmenschen (Herausgeber B. Rensch), 59—102. Verlag Hans Huber, Bern.
- Kreuz, L. (1960): zitiert nach Zrebecky (s. dort).
- Kügelgen, V. (1971): zitiert nach Geldmacher (s. dort).
- Lange, M. (1956): Die menschliche Hand. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Lanz, T. v. & W. Wachsmuth (1935): Praktische Anatomie Bd. I/3: Arm und Bd. I/4: Bein. Verlag Springer, Berlin.
- Leakey, L. (1965 & 1967): Olduvai Gorge. Vol. 1 und 2, University Press, Cambridge.
- Leakey, R. (1973): Skull 1470. National Geographic, Washington, **143**, 819—829.
- Linné, C. v. (1758): Systema naturae, 10. Ausgabe, Uppsala.
- Lorenz, K. (1965): Über tierisches und menschliches Verhalten. 2 Bde. R. Piper Verlag, München.
- Martin, P. & H. Wright Jr., Editors (1967): Pleistocene Extinctions. The Search for a Cause. Yale University Press, New Haven and London.
- Mollier, S. (1924): Plastische Anatomie. Bergmann Verlag, München.
- Monod, J. (1971): Zufall und Notwendigkeit. R. Piper Verlag, München.
- Morris, D. (1968): Der nackte Affe. Droemersch Verlagsanstalt Th. Knaur Nachf., München-Zürich.
- Nachtigall, W. (1971): Biotechnik. Verlag Quelle & Meyer, Heidelberg. Universitäts-Taschenbücher (UTB) Bd. 54.
- Napier, J. (1962): The evolution of the hand. Scientific American, New York, **207**, 56—62.
- Napier, J. & P. Davies (1959): The forelimb skeleton and associated remains of *Proconsul africanus*. Fossil Mammals of Africa No. 16. Brit. Mus. Nat. Hist., London.
- Pilbeam, D. (1969): zitiert nach Sarich (s. dort).
- Posnansky, M. (1968): The Praehistory of East Africa. In: Zamani: A Survey of East African History. Longmans of Kenia, Nairobi.
- Precht, H. (1953): Die Kletterbewegungen beim Säugling. Monatsschrift für Kinderheilkunde, Berlin, **12**, 519—521.
- Remane, A. (1952, 1954): Methodische Probleme der Hominiden-Phylogenie. Z. Morph. u. Anthrop., Stuttgart, **44**, 188—200 & **46**, 225—267.
- Rensch, B. (1947): Neuere Probleme der Abstammungslehre. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Rhotert, H. (1952): Libysche Felsbilder. Darmstadt.
- Rust, A. (1965): Über Waffen und Werkzeugtechnik des Altmenschen. K. Wachholz Verlag, Neumünster.
- Sarich, V. (1969): Der Ursprung des Menschen aus immunologischer Sicht. Sonderheft Immunologie und Medizin. Triangel, Sandoz, Z. f. med. Wiss., Basel, **9**, 2, 55—60.

- Schultz, A. (1968): Form und Funktion der Primatenhände. In: Handgebrauch und Verständigung bei Affen und Frühmenschen (Herausgeber B. Rensch), 9—30. Verlag Hans Huber, Bern.
- Thénus, E. (1909): Stammesgeschichte der Menschenartigen. Grzimeks Tierleben, Bd. 11, 55—56. Kindler Verlag A. G., München-Zürich.
- Toeld, T. (1937): Untersuchungen der Skelettreifung der Hand. Atlas of Skeletal maturation. Mosby & Co., St. Louis.
- Washburn, S. (1964): Classification and human evolution. Methuen & Co., London.
- Weddell, G. (1960): zitiert nach Zrebecky 1960 (s. dort).
- Weiner, J. (1971): Entstehungsgeschichte des Menschen. Enzyklopädie der Natur, Bd. 19, Royal Anthropological Institut, London.
- Weinert, H. (1930): Menschen der Vorzeit. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Wood, P. (1973): Der Mensch der Vorzeit, Bd. 5: Der Herr der Erde. Time-Life-International N. V., Amsterdam.
- Zrebecky, G. (1960): Die Hand, das Tastorgan des Menschen, Beilageheft der Zeitschrift für Orthopädie, Stuttgart, 93, 4—20.

Anschrift des erstgenannten Verfassers:

Prof. Dr. med. Otto Hennig, 89 Augsburg, Gunterstraße 15